



**Л.Д. Мокроносов, Н.В. Бородина,
Д.Г. Мирошин**

**Проектирование
металлорежущих инструментов**

Екатеринбург

2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Российский государственный
профессионально-педагогический университет»
Машиностроительный институт

Л.Д. Мокроносов, Н.В. Бородина, Д.Г. Мирошин

Проектирование металлорежущих инструментов

Учебное пособие

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по профессионально-педагогическому образованию
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся
по по направлению 051000.62 Профессиональное обучение (по отраслям)*

Екатеринбург
РГППУ
2013

УДК 621.9.06 (075.8)

ББК К63-52 я 73-1

М 63

Мокронос Л.Д. Проектирование металлорежущих инструментов [Текст]: учеб. пособие / Л.Д. Мокронос, Н.В. Бородина, Д.Г. Мирошин. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2013. 136 с.

ISBN 978-5-8050-0297-8

Практикум содержит задания для курсового проектирования по дисциплине «Металлорежущие инструменты», а также методические указания по их выполнению. Приведены необходимые теоретические сведения и список рекомендуемой литературы.

Адресовано студентам вузов и колледжей, обучающимся по направлению 051000.62 Профессиональное обучение (по отраслям).

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. В.И. Вешкурцев (Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина), канд. техн. наук, доц. А.В. Савицкая (Рос. гос. проф.-пед. ун-т)

ISBN 978-5-8050-0297-8

© ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2013

© Мокронос Л.Д., Бородина Н.В.,
Мирошин Д.Г., 2013

Содержание

Введение	5
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК.....	8
1.1 Базовая методика расчета конструктивных элементов протяжек, срезающих припуск по групповой схеме.....	8
1.2. Расчет шлицевой протяжки.....	20
1.3. Расчет квадратной и шестигранной протяжек.....	27
1.4. Расчет протяжек для обработки отверстий с одной и двумя плоскостями.....	33
1.5. Расчет протяжки для обработки отверстия с двумя шпонками.	37
1.6. Расчет шпоночной протяжки.....	41
1.7. Выполнение рабочего чертежа протяжки.....	47
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТЧИКОВ-ПРОТЯЖЕК.....	51
2.1. Общие сведения.....	51
2.2. Расчет метчика-протяжки.....	54
2.3. Выполнение рабочего чертежа метчика-протяжки	61
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ ВАЛОВ.....	63
3.1. Общие сведения.....	63
3.2. Расчет червячной шлицевой фрезы.....	68
3.3. Выполнение рабочего чертежа фрезы.....	79

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ.....	81
4.1. Общие сведения.....	81
4.2. Расчет фасонных резцов.....	82
4.3. Пример расчета фасонного резца.....	99
4.4. Выполнение рабочего чертежа фасонного резца.....	105
Заключение.....	109
Библиографический список.....	110
Приложение 1. Задания к первой части курсового проекта.....	111
Приложение 2. Задание ко второй части курсового проекта.....	116
Приложение 3. Задания к третьей части курсового проекта.....	118
Приложение 4. Образец оформления титульного листа.....	129
Приложение 5. Размеры цилиндрических хвостовиков протяжек...	130
Приложение 6. Размеры хвостовиков шпоночных протяжек.....	131
Приложение 7. Образец заполнения таблицы диаметров зубьев протяжки.....	133
Приложение 8. Пример оформления исходных данных к проекти- рованию метчика-протяжки для трапецеидальной резьбы.....	134
Приложение 9. Пример оформления исходных данных к проекти- рованию метчика-протяжки для метрической резьбы.....	135

Введение

Курсовой проект выполняется в 6-м семестре в рамках изучения дисциплины «Металлорежущие инструменты». К началу работы над каждой частью студент должен владеть теоретическим материалом, в объеме программы дисциплины. Курсовой проект состоит из трех частей:

1. Проектирование протяжки.
2. Проектирование червячной шлицевой фрезы.
3. Проектирование фасонного резца.

Выполнение каждой части проекта следует начинать с обработки исходных данных, которые выбираются по таблицам прил. 1, 2, 3.

Номер варианта задания определяется по трехзначному шифру: первая цифра шифра – последняя цифра *номера зачетной книжки* студента (если в номере присутствуют цифры, обозначающие год поступления, то их не надо учитывать); вторая цифра выбирается в соответствии с *первой буквой фамилии* студента, а третья – в соответствии с *первой буквой полного имени* студента (таблица).

Выбор второй и третьей цифр шифра задания

Первая буква полного имени и фамилии	А, Б	В, Г	Д, Е Ж, З	И, Л	К	М,Н О	П, Р	С	Т, У Ф, Х	Ц,Ч,Ш Щ,Э,Ю Я
Цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Например, у студента Константинопуло Лаврентия Эдмундовича с номером зачетной книжки 432578 трехзначный номер будет 843.

В пояснительной записке следует описать порядок определения шифра: студент Константинопуло Лаврентий Эдмундович, номер зачетной

книжки – 432578. Первая цифра шифра – 8, вторая – 4, третья – 3. Полный шифр - 843

Затем следует внимательно изучить общие сведения о металлорежущем инструменте и последовательность расчета металлорежущего инструмента и лишь после этого приступить к выполнению расчета всех параметров инструмента с необходимыми проверками и рабочего чертежа инструмента (в третью часть работы входит еще схема графического профилирования фасонного резца).

К оформлению курсового проекта предъявляются следующие требования.

Пояснительная записка должна содержать:

- общую часть: исходные данные и чертеж профиля обрабатываемой поверхности с указанием всех размеров и их предельных отклонений. Перевод буквенных обозначений предельных отклонений в численные нужно выполнять по таблицам ГОСТ 25347–32 (СТ СЭВ 144-75) [1, с.79 – 142];

- расчет протяжки;
- расчет червячной шлицевой фрезы;
- расчет фасонного резца.

Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (210x297) по форме 5а (ЕСКД, ГОСТ 2.106 - 66). Титульный лист по образцу, приведенному в прил. 4.

Чертежи инструментов выполняются в полном соответствии со стандартами ЕСКД с указанием всех размеров, предельных отклонений и технических требований, необходимых для изготовления инструмента.

Обозначение чертежа, проставляемое в графе 2 основной надписи, составляется по следующей схеме:

	050501.65	XXX	XX
Шифр специальности			
Индивидуальный трехзначный шифр задачи			
№ части работы (01, 02, 03)			

Графическое профилирование фасонного резца обозначить 04.

В основных надписях листов пояснительной записки указывается это же обозначение.

Дополнительные графы основной надписи на чертежах, располагающиеся на полях и в верхней части формата, в учебном курсовом проекте допускается не выполнять.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК

1.1. Базовая методика расчета конструктивных элементов протяжек, срезающих припуск по групповой схеме

Данная методика расчета применима для всех типов протяжек, срезающих припуск по одинарной схеме, которые могут быть предусмотрены заданием на проектирование. Поэтому эта методика является базовой.

1.1.1. Припуск на диаметр отверстия

Припуск на диаметр отверстия, срезаемый цилиндрической частью протяжки A_o , выбирается по табл.1.1.

Таблица 1.1

Припуски на диаметр под протягивание, мм

Длина протягиваемых отверстий, L, мм	Диаметры протягиваемых отверстий, d, мм				
	Св. 10 до 18	Св.18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
Св. 6 до 10	0,2	0,3	—	—	—
Св.10 до 18	0,3	0,3	0,4	—	—
Св.18 до 30	0,4	0,4	0,5	0,6	—
Св.30 до 50	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7
Св.50 до 60	—	0,5	0,6	0,7	0,7
Св.80 до 100	—	0,6	0,6	0,7	0,8

Данные значения припусков предусмотрены для двухинструментальной обработки предварительного отверстия (сверло, зенкер), которая рекомендуется с целью уменьшения припуска, т.е. уменьшения длины протяжки.

1.1.2. Величина подачи на зуб

Величина подачи на зуб a выбирается по табл. 1.2 в соответствии с типом зубьев протяжки и материалом заготовки.

Таблица 1.2

Подача на зуб, а мм

Тип зубьев	Обрабатываемый материал						
	Сталь углеродистая и малолегированная			Сталь высоколегированная		Чугун серый	Чугун ковкий, бронза, латунь
	$\sigma_B < 500$ Н/мм ²	$\sigma_B = 500 \div 750$ Н/мм ²	$\sigma_B > 750$ Н/мм ²	$\sigma_B \leq 800$ Н/мм ²	$\sigma_B > 800$ Н/мм ²		
Цилиндриче- ские Шлицевые Шпоночные	0,015 – 0,02	0,025 – 0,03	0,015 – 0,025	0,025 – 0,03	0,010 – 0,025	0,03 – 0,08	0,05 – 0,10
	0,04 – 0,06	0,05 – 0,08	0,03 – 0,06	0,04 – 0,06	0,025 – 0,05	0,04 – 0,10	0,05 – 0,10
	0,05 – 0,15	0,05 – 0,20	0,05 – 0,12	0,05 – 0,12	0,05 – 0,10	0,06 – 0,20	0,06 – 0,20

Предпочтителен выбор верхних значений подачи из интервалов, указанных в табл. 1.2. Однако при неудовлетворительном результате расчета протяжки на прочность величину подачи следует уменьшить.

1.1.3. Шаг режущих зубьев

Предварительно шаг режущих зубьев определяют по формуле

$$t_{\text{пред}} = 1,5\sqrt{L},$$

где L – длина протягиваемого отверстия, мм.

По найденной величине шага рассчитывают максимальное число одновременно работающих зубьев:

$$Z_{\text{max}} = \frac{L}{t_{\text{пред}}}.$$

Вычисленную величину Z_{max} округляют до целого в большую сторону. Величина Z_{max} должна соответствовать условию: $2 < Z_{\text{max}} \leq 6$. В противном случае эту величину необходимо скорректировать.

Далее по найденной величине Z_{max} уточняют шаг t режущих зубьев:

$$t = \frac{L}{Z_{\text{max}} - 0,1}.$$

Величину t следует округлить в большую сторону кратно 0,5 мм и окончательно принять для проектируемой протяжки.

1.1.4. Глубина стружечных канавок

Глубина стружечных канавок h (рис.1.1) выбирается кратной 0,5 мм из интервала $h = (0,38...0,45)t$.

Выбранную величину h следует проверить по условию размещения стружки в стружечных канавках: $h \geq 1,13 \sqrt{aLK}$ (мм), где K – коэффициент заполнения стружечных канавок. Коэффициент K выбирается по табл. 1.3.

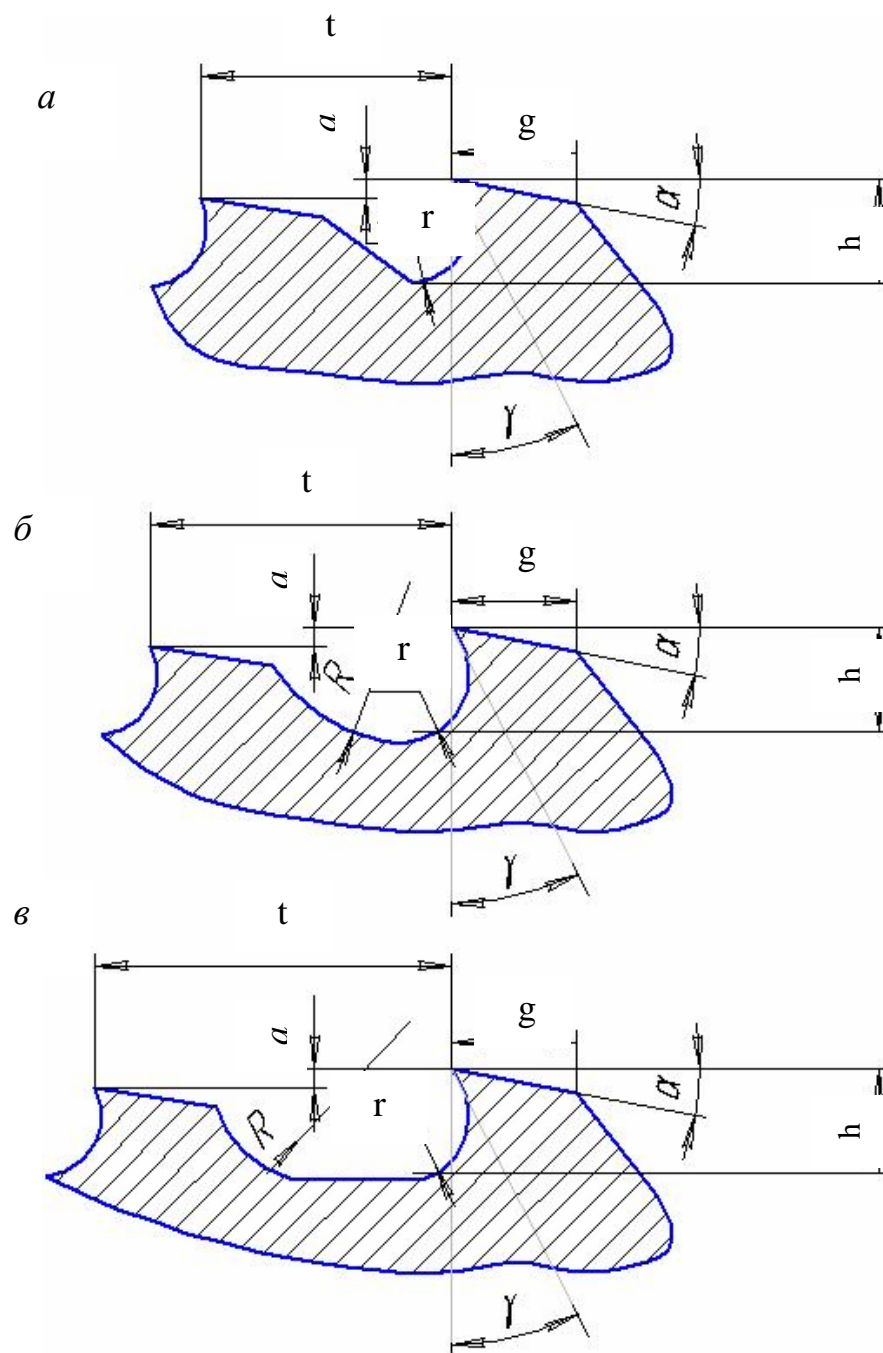


Рис. 1.1. Форма стружечных канавок:

a – с прямолинейной спинкой; *б* – с вогнутой спинкой; *в* – удлиненная;

a – величина подачи на зуб; t – шаг режущих зубьев; h – глубина стружечных канавок; r – радиус дна стружечной канавки; R – радиус спинки зуба; g – ширина зуба; α – задний угол; γ – передний угол

При несоблюдении данного условия следует уменьшить Z_{\max} на единицу и повторить расчеты t и h .

Таблица 1.3

Величина коэффициента заполнения стружечных канавок

Подача на зуб a , мм	Обрабатываемый материал				
	Сталь			Чугун, бронза	Латунь
	$\sigma_B < 400$ Н/мм ²	$\sigma_B = 400 \div 700$ Н/мм ²	$\sigma_B > 700$ Н/мм ²		
До 0,03	3,0	2,5	3,0	2,5	2,5
Св. 0,03 до 0,07	4,30	3,0	3,5	2,5	3,0
Св. 0,07	4,5	3,5	4,0	2,0	3,5

1.1.5. Передние углы

Передние углы γ (см. рис.1.1) всех зубьев протяжки выбираются в зависимости от материала заготовки (табл. 1.4)

Таблица 1.4

Передние углы зубьев протяжки

Обрабатываемый материал	Сталь			Чугун, бронза, латунь
	$\sigma_B < 400$ Н/мм ²	$\sigma_B = 400 \div 700$ Н/мм ²	$\sigma_B > 700$ Н/мм ²	
Передний угол	12 – 15	10 – 12	8 – 10	5 – 10

1.1.6. Задние углы

Устанавливаются следующие задние углы зубьев протяжки (см. рис. 1.1):

- режущих зубьев $\alpha = 3^\circ$;
- у двух-трех последних режущих зубьев (переходных) $\alpha = 2^\circ$;
- у калибрующих зубьев $\alpha = 1^\circ$.

1.1.7. Остальные размеры профиля зубьев и стружечных канавок

Стружечные канавки с прямолинейной спинкой (см. рис.1.1, а) рекомендуются для шпоночных протяжек.

При большой длине протягивания возможно применение удлиненной формы стружечных канавок (рис. 1.1, в).

В остальных случаях стружечная канавка выполняется с вогнутой спинкой (рис. 1.1, б).

Рекомендуются размеры:

$$g = (0,3 \div 0,35) t ; \quad r = (0,5 \div 0,6) h ; \quad R = (0,65 \div 0,8) t.$$

Из указанных интервалов выбирают величины, кратные 0,5 мм.

1.1.8. Выбор размеров хвостовика

Размеры хвостовика для внутренних протяжек (кроме шпоночных) должны соответствовать ГОСТ 4044–70 (прил. 5). Хвостовик нужно выбирать с наибольшими размерами, но удовлетворяющий условию $d_1 \leq d_0$.

1.1.9. Расчет суммарной силы резания

В общем виде эмпирическая формула для определения силы резания при протягивании имеет вид

$$P = C_p \cdot a^x \cdot \sum b_i \cdot Z_{\max} \cdot K_\gamma \cdot K_c \cdot K_{\text{и}} \text{ [Н]},$$

где C_p – постоянная величина, зависящая от свойств обрабатываемого материала (табл. 1.5); x – показатель степени при величине подачи (табл.1.5); $\sum b_i$ – суммарная длина режущих кромок зуба протяжки; $K_\gamma, K_c, K_{\text{и}}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие соответственно влияние переднего угла, состава смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), степени износа зубьев (табл.1.6).

Таблица 1.5

Значения постоянной величины C_p и показателя степени x

Обрабатываемый материал	σ_B , Н/мм ²	C_p	x
Сталь углеродистая низколегированная	< 700	2080	0,85
	700 – 800	2260	
	> 800	2790	
Сталь высоколегированная	< 700	2260	0,85
	700 – 800	2790	
	> 800	3090	
Чугун серый	—	1470	0,73
Чугун ковкий	—	1320	
Бронза, латунь	—	680	

Таблица 1.6

Значения поправочных коэффициентов K_γ, K_c, K_κ

Обрабатываемый материал	K_γ				K_c		K_κ	
	Угол				СОЖ		Степень затупления	
	5°	10°	15°	20°	10 % - я эмульсия	без охлаждения	острая	затупленная
Сталь	1,13	1,0	0,93	0,85	1,0	1,34	1,0	1,15
Чугун, бронза, латунь	1,1	1,0	0,95	—	0,9	1,0	1,0	1,15

1.1.10. Проверка протяжки на прочность по найденной силе резания

Условие прочности протяжки:

$$\frac{P}{F_{\min}} \leq [\sigma],$$

где F_{\min} – площадь опасного сечения, мм²; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение.

При изготовлении протяжки из быстрорежущей стали следует принимать допускаемое напряжение $[\sigma] = 350 \text{ Н/мм}^2$.

Опасным сечением протяжки может быть канавка на хвостовике (диаметр сечения – d_2) либо первая стружечная канавка, диаметр которой $d_{ск1} = d_0 - 2h$. Из двух указанных сечений выбирают в качестве опасного сечение с меньшим диаметром.

1.1.11. Номинальный диаметр калибрующих зубьев

Номинальный диаметр калибрующих зубьев d_k рассчитывается по формуле

$$d_k = D_{\max} - \delta,$$

где D_{\max} – наибольший предельный размер диаметра обработанного отверстия детали, мм; δ – величина разбивки отверстия, мм.

В учебном расчете следует принимать $\delta = (0,005 \div 0,01) \text{ мм}$.

1.1.12. Предельные отклонения диаметра калибрующих зубьев

Верхнее предельное отклонение принимается равным нулю. Нижнее предельное отклонение выбирается в пределах от $1/4$ до $1/3$ величины допуска на диаметр обрабатываемого отверстия со знаком «минус», но не более $0,015 \text{ мм}$.

1.1.13. Количество калибрующих зубьев

Количество калибрующих зубьев Z_k выбирается в зависимости от точности обрабатываемой поверхности по табл.1.7.

Таблица 1.7

Точность обрабатываемой поверхности по СТ СЭВ 144-75	Количество калибрующих зубьев, Z_k
6 – 9-й квалитеты	7 – 8
10-й квалитет и выше	4 – 6

1.1.14. Заполнение таблицы диаметров зубьев протяжки

Чтобы составить таблицу диаметров зубьев (прил. 7), необходимо определить номинальные диаметры и количество режущих зубьев, общее количество зубьев протяжки, предельные отклонения диаметров режущих зубьев. Таблицу следует оформить до начала выполнения чертежа и поместить в пояснительной записке.

Номинальные диаметры режущих зубьев рассчитываются в следующей последовательности.

Диаметр первого зуба выбирается равным диаметру отверстия в заготовке $d_{p1} = d_0$.

Диаметр каждого последующего зуба определяется путем увеличения диаметра предыдущего зуба на $2a$. Таким образом, диаметр i -го зуба (при постоянной величине a) можно вычислить по формуле

$$d_{pi} = d_{p1} + (i - 1) 2a.$$

Диаметр последнего режущего зуба должен быть равен диаметру калибрующих зубьев. Для двух-четырех последних режущих зубьев (переходных) подачу на зуб следует выполнять постепенно уменьшающейся (для последнего режущего зуба подача должна составлять приблизительно $0,4a$). Предельные отклонения диаметров режущих зубьев назначают в зависимости от выбранной величины подачи на зуб (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Предельные отклонения диаметров режущих зубьев

Подача на зуб, a , мм	Предельные отклонения диаметров режущих зубьев, мм	
	нижнее	верхнее
До 0,05	– 0,015	0
Св. 0,05 до 0,08	– 0,02	0
Св. 0,08	– 0,03	0

Дополнительные условия выбора предельных отклонений диаметров режущих зубьев:

а) если режущие зубья имеют разную подачу на зуб (например, переходные режущие зубья), то и предельные отклонения их диаметров могут оказаться неодинаковыми, что следует отразить в таблице диаметров зубьев протяжки;

б) на последний режущий зуб, имеющий размер калибрующих зубьев, предельные отклонения назначаются как на калибрующие зубья.

В таблицу диаметров зубьев заносятся также определенные ранее величины задних углов, диаметры и предельные отклонения калибрующих зубьев.

1.1.15. Шаг калибрующих зубьев

Шаг калибрующих зубьев t_k принимается равным шагу режущих зубьев t , кроме протяжек для точных отверстий (6 – 9-го квалитетов), у которых он выполняется меньше:

$$t_k = (0,6 \div 0,8) t.$$

В этом случае размеры стружечных канавок (h , g , r , R) следует уменьшить пропорционально шагу (размеры округлить до ближайших кратных 0,5 мм).

Профиль стружечной канавки перед первым калибрующим зубом в любом случае такой же, как у режущих зубьев (так как первый калибрующий зуб является резервом режущей части).

1.1.16. Форма, размеры, количество и расположение стружкоделительных канавок

Стружкоделительные канавки служат для разделения срезаемого слоя по ширине и выполняются на всех участках режущих кромок длиной более 6 мм.

Наиболее приемлемой формой стружкоделительных канавок является угловая форма (рис.1.2).

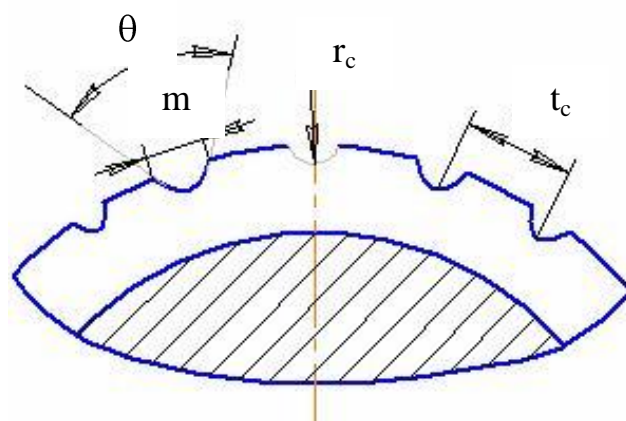


Рис. 1.2. Форма стружкоделительных канавок:

θ – угол профиля канавки; m – ширина канавки;
 r_c – радиус дна канавки; t_c – шаг канавок

Рекомендуемые размеры стружкоделительных канавок: угол профиля канавки $\theta = 90^\circ$; ширина канавки $m = (0,8 \div 1,2)$ мм; радиус дна канавки $r_c = (0,3 \div 0,4)$ мм.

Канавки следует располагать вдоль режущей кромки с шагом $t_c = (5 \div 8)$ мм (на чертеже протяжки обычно задается центральными угловыми размерами).

Для круглых зубьев количество канавок на каждом зубе можно определить как отношение длины окружности к шагу канавок:

$$Z_c = \frac{\pi d}{5 \div 8} \approx \frac{d}{2}.$$

Для круглых зубьев расчетное количество канавок округляют до ближайшего четного числа. На прерывистых режущих кромках (у некруглых зубьев) канавки следует располагать на расстоянии не менее 2 мм и не более 8 мм от края кромки (от уголка). Примеры расположения канавок на таких кромках приведены на рис.1.3.

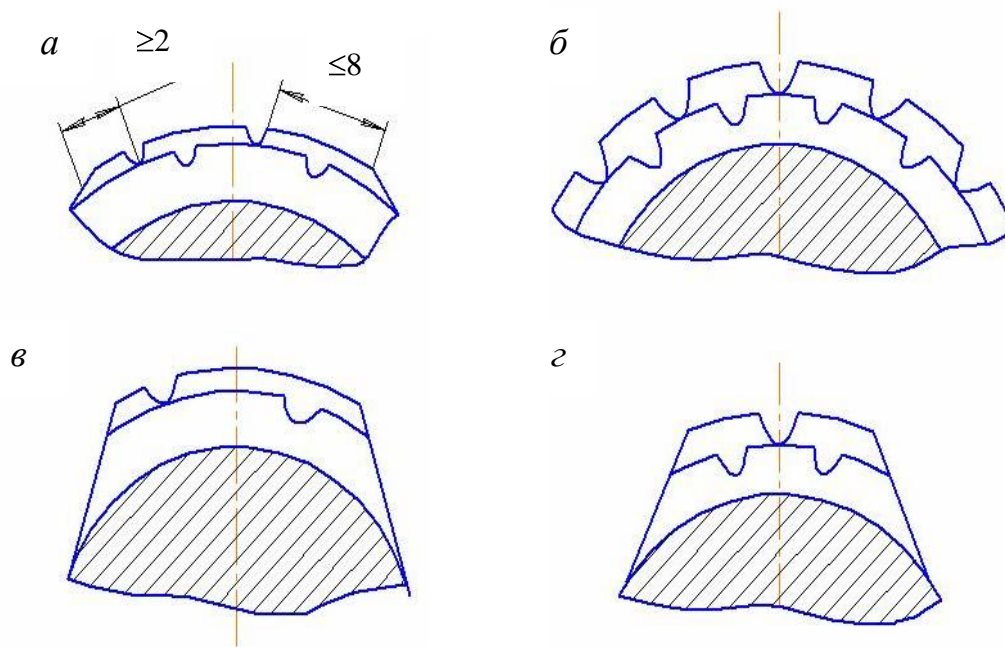


Рис. 1.3. Расположение стружечных канавок:

а, б – шахматное расположение канавок на круглых зубьях;
в, г – шахматное расположение канавок на профильных зубьях

Во всех случаях канавки располагаются в шахматном порядке, т.е. на соседних зубьях канавки смещены на полшага.

На режущих зубьях протяжек, предназначенных для обработки хрупких материалов (чугун, бронза), стружкоделительные канавки не выполняются. На калибрующих зубьях протяжек и на последнем режущем зубе стружкоделительные канавки также не выполняются.

1.1.17. Размеры передней направляющей

У протяжек с круглым хвостовиком передняя направляющая имеет цилиндрическую форму (рис. 1.4).

Диаметр передней направляющей принимается равным диаметру отверстия в заготовке $d_{\text{пн}} = d_0$, а допуск диаметра передней направляющей – по f7.

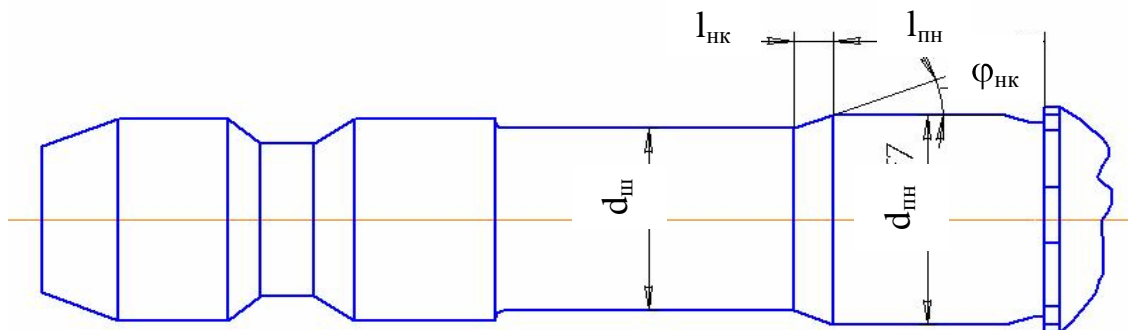


Рис. 1.4. Размеры передней направляющей:

$d_{\text{ш}}$ – диаметр шейки; $d_{\text{пн}}$ – диаметр передней направляющей; $\varphi_{\text{нк}}$ – угол конуса
 $l_{\text{нк}}$ – длина направляющего конуса; $l_{\text{пн}}$ – длина передней направляющей

Длина передней направляющей принимается равной длине протягиваемого отверстия $l_{\text{пн}} = L$.

1.1.18. Размеры направляющего конуса

Угол конуса $\varphi_{\text{нк}} = (5 \div 15)^\circ$ (см. рис 1.4).

Длина направляющего конуса определяется по формуле

$$l_{\text{нк}} = \frac{d_{\text{пн}} - d_{\text{ш}}}{2 \operatorname{tg} \varphi_{\text{нк}}}.$$

На чертеже длина направляющего конуса не проставляется.

1.2. Расчет шлицевой протяжки

Заданием предусматривается проектирование комбинированной шлицевой протяжки для обработки всех поверхностей шлицевого отверстия, внутреннего диаметра и шлицевых пазов. Такая протяжка состоит из двух частей: цилиндрической и шлицевой. Цилиндрическая часть предназначена для обработки шлицевого отверстия, а шлицевая – для обработки шлицев.

Расчет шлицевых протяжек следует выполнять в следующей последовательности.

1. Исходные данные

- 1) Выписать исходные данные в соответствии с заданием.
- 2) Расшифровать размеры шлицевого отверстия и проставить на все размеры предельные отклонения.
- 3) Изобразить профиль отверстия с указанием размеров и предельных отклонений. Предельные отклонения определить по таблицам ГОСТ 25347–82 (СТ СЭВ 144–75).

Пример. Комбинированная протяжка для обработки шлицевого отверстия $d - 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 6D9$. Длина детали $L = 40$ мм. Материал детали – сталь 35, $\sigma_b = 700$ Н/мм².

Размеры шлицевого отверстия:

- внутренний диаметр (малый) – $d = 36H7 = 36^{+0,025}_0$;
- большой диаметр – $D = 40H12 = 40^{+0,25}_0$;
- ширина паза – $b = 6D9 = 6^{+0,06}_{+0,03}$;
- число шлицев – $n_{ш} = 8$.

Профиль шлицевого отверстия приведен на рис. 1.5.

2. Расчет цилиндрической части протяжки

Последовательность расчета цилиндрической части шлицевой протяжки включает 18 шагов.

- 1) Рассчитать диаметр отверстия в заготовке, подготовленной под протягивание, по формуле:

$$d_0 = d - A_0,$$

где d – малый диаметр шлицевого отверстия, мм; A_0 – припуск на диаметр отверстия, срезаемый цилиндрической частью протяжки (см. табл. 1.1).

- 2) Выбрать величину подачи на зуб a (см. п.1.1.2).

- 3) Рассчитать шаг режущих зубьев t и максимальное число одновременно работающих зубьев Z_{\max} (см. п.1.1.3).
- 4) Определить глубину стружечной канавки h (см. п.1.1.4).
- 5) Выбрать величину переднего угла γ (см. п.1.1.5).
- 6) Выбрать величины задних углов α (см. п.1.1.6).

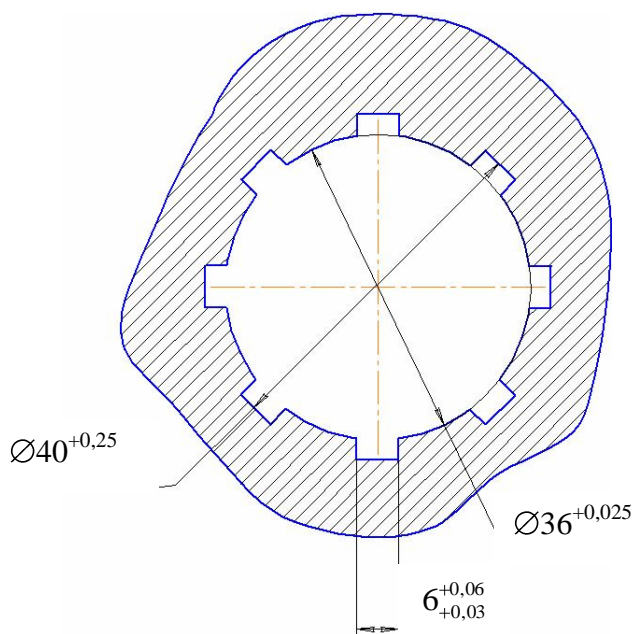


Рис. 1.5. Профиль шлицевого отверстия

- 7) Определить размеры профиля стружечных канавок (см. п.1.1.7).
- 8) Выбрать размеры хвостовика (см. п.1.1.8).
- 9) Определить силу резания (см.п.1.1.9).

Для круглых зубьев эмпирическая формула для определения силы резания имеет вид

$$P_k = C_p a^x \pi d Z_{\max} K_\gamma K_c K_i.$$

- 10) Проверить протяжку на прочность по найденной силе резания (см. п. 1.1.10).

11) Определить номинальный диаметр калибрующих зубьев d_k (см. п. 1.1.11).

12) Назначить предельные отклонения на диаметр калибрующих зубьев (см. п. 1.1.12).

13) Определить количество калибрующих зубьев в зависимости от точности диаметра детали d (см. п. 1.1.13).

14) Составить таблицу диаметров зубьев (см. п. 1.1.14).

15) Определить шаг калибрующих зубьев t_k (см. п. 1.1.15).

16) Определить форму, размеры, количество и расположение стружкоделительных канавок (см. п.1.1.16).

17) Определить размер передней направляющей (см. п.1.1.17).

18) Определить размеры направляющего конуса (см. п.1.1.18).

3. Расчет шлицевой части протяжки

Порядок расчета следующий:

1) Выбрать величину подачи на шлицевый зуб $a_{ш}$ (см. п. 1.1.2).

2) Принять максимальное число одновременно работающих шлицевых зубьев $Z_{\max ш}$ исходя из следующих условий:

- при $Z_{\max} = 3$ $Z_{\max ш} = Z_{\max} = 3$;
- при $Z_{\max} > 3$ $Z_{\max ш} = Z_{\max} - 1$.

3) Определить шаг режущих шлицевых зубьев:

$$t_{ш} = \frac{L}{Z_{\max ш} - 0,1}.$$

Величину шага режущих шлицевых зубьев округлить до величины, кратной 0,5 мм в большую сторону.

4) Определить глубину стружечной канавки $h_{ш}$ (см. п.1.1.4).

5) Выбрать величину переднего угла γ (см. п.1.1.5).

6) Выбрать величины задних углов α (см. п.1.1.6).

7) Определить размеры профиля стружечных канавок (см. п.1.1.7).

Шаг зуба, глубина и форма стружечной канавки перед первым шлицевым зубом выполняются такими же, как для остальных шлицевых режущих зубьев.

8) Определить силу резания (см. п.1.1.9).

Для шлицевых зубьев эмпирическая формула для определения силы резания имеет вид

$$P_{ш} = C_p a_{ш}^x b n_{ш} Z_{max ш} K_{\gamma} K_c K_{и},$$

где b – ширина шлица, мм; $n_{ш}$ – число шлицев.

9) Проверить протяжку на прочность при нагружении ее силой $P_{ш}$, если $P_{ш} > P_k$ при работе цилиндрической части (см. п.1.1.10).

10) Определить номинальный диаметр калибрующих шлицевых зубьев $d_{кш}$ (см. п. 1.1.11).

11) Назначить предельные отклонения на диаметр калибрующих шлицевых зубьев в соответствии с величиной допуска на диаметр (см п. 1.1.12).

12) Определить количество калибрующих шлицевых зубьев $Z_{кш}$ в зависимости от точности диаметра детали D (см. п. 1.1.13).

13) Составить таблицу размеров зубьев (см. п. 1.1.14). Эта таблица является продолжением таблицы диаметров зубьев цилиндрической части (на чертеже протяжки выполняется единая таблица), поэтому обе таблицы должны иметь сквозную нумерацию зубьев, т.е. номера присваиваются всем зубьям, включая калибрующие, а первому шлицевому зубу присваивается номер, следующий за номером последнего круглого калибрующего зуба.

При определении диаметров шлицевых зубьев следует иметь в виду, что диаметр первого режущего шлицевого зуба определяется по формуле

$$D_{пш1} = d + 2a_{ш},$$

где d – номинальный внутренний диаметр шлицевого отверстия, мм.

14) Определить шаг калибрующих шлицевых зубьев $t_{кш}$ в зависимости от точности диаметра D (см. п. 1.1.15).

15) Определить профиль шлицевых зубьев в сечении, перпендикулярном оси протяжки (рис. 1.6).

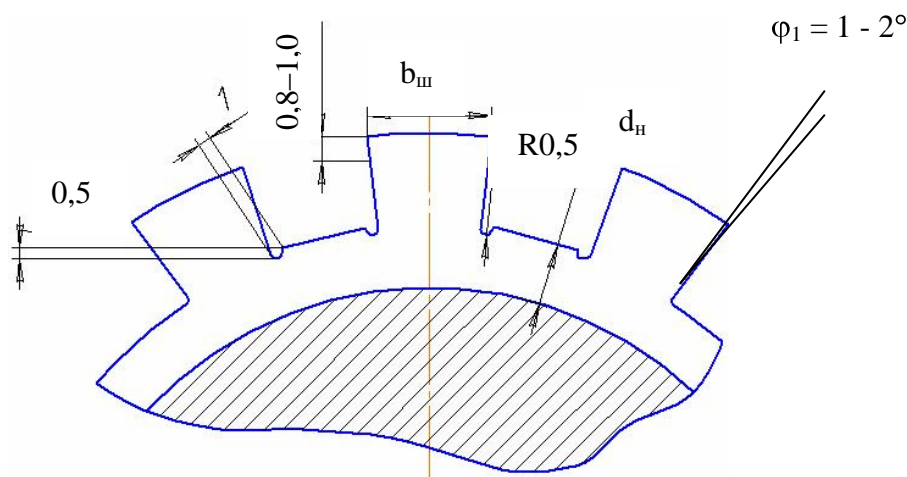


Рис. 1.6. Профиль шлицевых зубьев

Номинальный размер ширины шлицевых выступов:

$$b_{\text{ш}} = b_{\text{max}} - \delta,$$

где b_{max} – наибольший предельный размер (ширина) шлицевого паза отверстия детали, мм; δ – величина разбивки отверстия ($\delta = 0,05 \div 0,01$ мм).

Предельные отклонения: верхнее предельное отклонение принимается равным нулю, нижнее – выбирается в пределах от $1/4$ до $1/3$ величины допуска на размер b детали со знаком «минус».

Номинальный размер диаметра направляющих площадок:

$$d_{\text{н}} = d_{\text{min}},$$

где d_{min} – наименьший предельный размер внутреннего диаметра детали, мм (допуск по f9).

С целью снижения трения боковые поверхности шлицевых выступов поднутрены под углом $\phi_1 = (1 \div 2)^\circ$ после ленточки шириной $0,8 - 1,0$ мм (см. рис.1.5). У основания шлицевых выступов выполняются продольные канавки (см. рис.1.5).

16) Определить форму, размеры, количество и расположение стружкоделительных канавок (см. п.1.1.16). Количество стружкоделительных канавок и их расположение выбирается по табл.1.9 (рис.1.7).

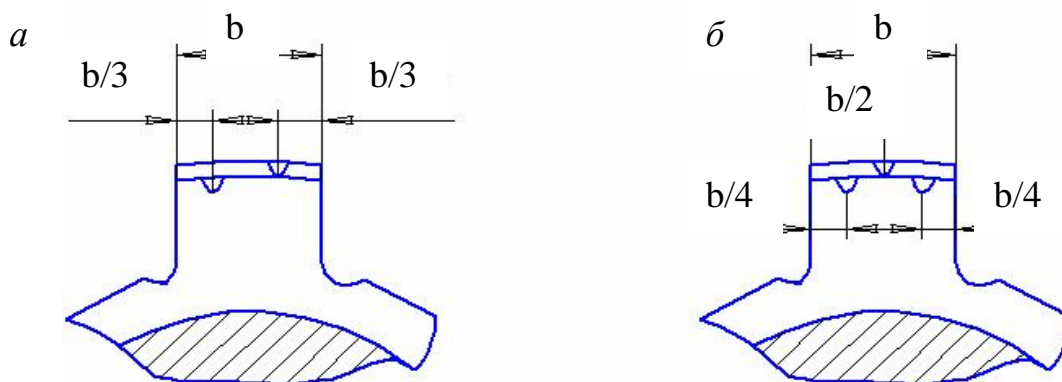


Рис. 1.7. Стружкоделительные канавки:

a – исполнение 1; *б* – исполнение 2

Таблица 1.9

Количество и расположение стружкоделительных канавок

Ширина шлица, $b_{ш}$, мм	Испол- нение	Количество канавок	
		Четный зуб	Нечетный зуб
Св. 6 до 10	I	1	1
св. 10 до 22	II	1	2

Примечание. При ширине шлица $b_{ш} < 6$ мм канавки не выполняются.

4. Определение размеров задней направляющей

Задняя направляющая у шлицевых протяжек выполняется цилиндрической формы. Номинальный диаметр задней направляющей определяется по формуле

$$d_{зн} = d_{\min},$$

где d_{\min} – наименьший предельный размер внутреннего диаметра шлицевого отверстия, мм. Допуск на диаметр задней направляющей принимается по f7.

Длина задней направляющей $l_{зн} = 0,75 L$ (где L – длина протягиваемого шлицевого отверстия), но не менее 40 мм.

1.3. Расчет квадратной и шестигранной протяжек

Образование квадратного и шестигранного профилей отверстий производится по последовательной (генераторной) схеме срезания припуска, т.е. режущие кромки зубьев имеют форму дуг окружностей, прерываемых квадратным или шестигранным профилем с размером S_n по граням (рис.1.8).

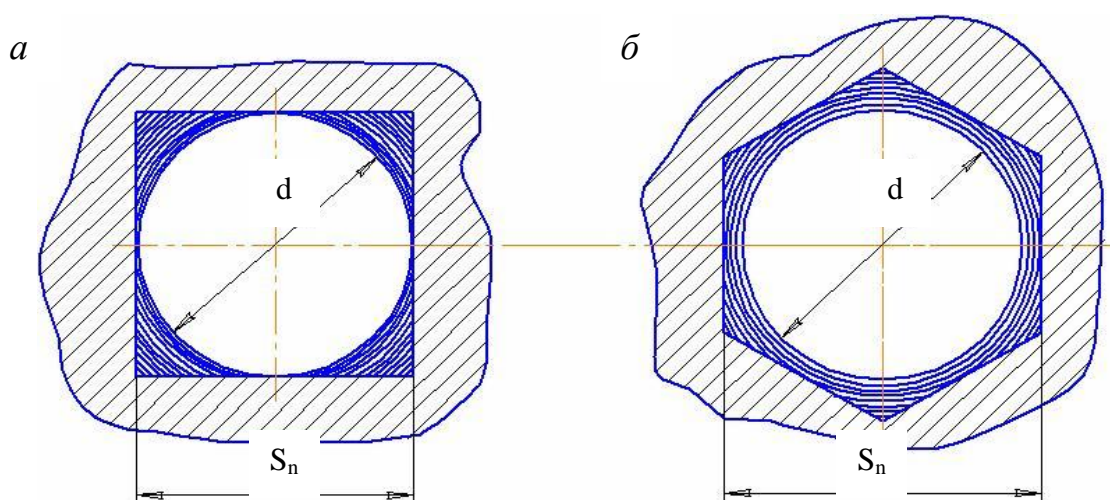


Рис. 1.8. Схема срезания припуска при работе квадратной и шестигранной протяжек:

a – квадратной; $б$ – шестигранной

Квадратную или шестигранную протяжку можно представить как цилиндрическую, профиль зубьев которой (в сечении, перпендикулярном оси протяжки) срезан плоскостями – гранями квадратной или шестигранной призмы с размером S_n по граням.

Порядок расчета квадратных и шестигранных протяжек.

1. Исходные данные

Привести исходные данные в соответствии с заданием, изобразить профиль отверстия детали с указанием всех размеров и предельных отклонений.

2. Определение диаметра отверстия в заготовке.

Диаметр отверстия в заготовке, подготовленной под протягивание, рассчитывается по формулам:

- для квадратной протяжки:

$$d_0 = S$$

- для шестигранной протяжки:

$$d_0 = S - A_0,$$

при этом A_0 – выбирается по табл.1.1.

На гранях готового квадратного отверстия остаются следы предварительного круглого отверстия, что обычно допускается.

3. Определение величины подачи на зуб

Характерной особенностью квадратных и шестигранных протяжек является различная длина режущих кромок на разных зубьях, что позволяет подачу на зуб выполнять увеличивающейся по мере возрастания диаметров зубьев. Для этого все режущие зубья протяжки разбивают на несколько групп, т.е. ступеней (табл.1.10).

Таблица 1.10

Количество ступеней

Размер по граням, S , мм	Количество ступеней	
	Квадратная протяжка	Шестигранная протяжка
До 15,	3	2
Св.15.до 20	4	2
Св.20	4	3

Подача на зуб первой ступени a_1 определяется согласно базовой методике (см. п.1.1.2), а для любой i -й ступени рассчитывается по формуле

$$a_i = \xi_i a_1,$$

где ξ_i – коэффициент увеличения подачи (см. табл.1.11).

Таблица 1.11

Значения коэффициента ξ_i

Степень	Квадратные протяжки				Шестигранные протяжки			
	3 степени		4 степени		2 степени		3 степени	
	Сталь	Чугун, бронза, латунь	Сталь	Чугун, бронза, латунь	Сталь	Чугун, бронза, латунь	Сталь	Чугун, бронза, латунь
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,8	1,98	1,5	1,6	2,3	2,65	1,8	1,98
3	3	3,58	2,3	2,65	–	–	2,95	3,55
4	–	–	3,8	4,75	–	–	–	–

Вычисленные величины a_i следует округлять до величины, кратной 0,01 мм.

4. *Определение шага режущих зубьев* (см. п.1.1.3).

5. *Определение глубины стружечных канавок с учетом величины подачи на зуб на предпоследней ступени* (см. п.1.1.4).

6. *Выбор величины переднего угла γ* (см. п.1.1.5).

Для разбивки режущей части на ступени следует определить границы ступеней, т.е. диаметры последних зубьев ступеней:

$$d_i = \eta_i S,$$

где d_i – диаметр последнего зуба i -й ступени, мм; η_i – коэффициент (табл.1.12).

7. *Выбор величины задних углов α* (см. п.1.1.6).

8. *Определение размеров профиля стружечных канавок*

Для того чтобы определить размеры профиля стружечных канавок необходимо рассчитать размеры профиля g , r , R (см. п.1.1.7).

Номинальный размер S_n по граням зуба протяжки вычисляется по формуле

$$S_n = S_{\max} - \delta,$$

где S_{\max} – наибольший предельный размер по граням обрабатываемого отверстия, мм; δ – величина разбивки отверстия (см. п.1.1.11).

Таблица 1.12

Значения коэффициента η_i

Ступень	Квадратные протяжки		Шестигранные протяжки	
	3 ступени	4 ступени	2 ступени	3 ступени
1	1,06	1,045	1,039	1,023
2	1,15	1,105	–	1,058
3	–	1,19	–	–
4	–	–	–	–

Верхнее предельное отклонение принимается равным нулю, нижнее – выбирается в пределах от $1/4$ до $1/3$ величины допуска на размер S детали со знаком «минус».

С целью уменьшения трения на плоских сторонах зубьев выполняется задний угол 1° , который располагается позади ленточек шириной 0,8 мм (рис.1.9).

9. *Выбор размеров хвостовика* (см. п.1.1.8).

10. *Определение силы резания* (см. п.1.1.9)

Сила резания рассчитывается так же, как для цилиндрической протяжки диаметром S с величиной подачи на зуб a_1 . В этом случае эмпирическая формула для определения силы резания принимает вид

$$P_{\text{ш}} = C_p a_1^x S \pi Z_{\max} K_\gamma K_c K_{\text{и}}.$$

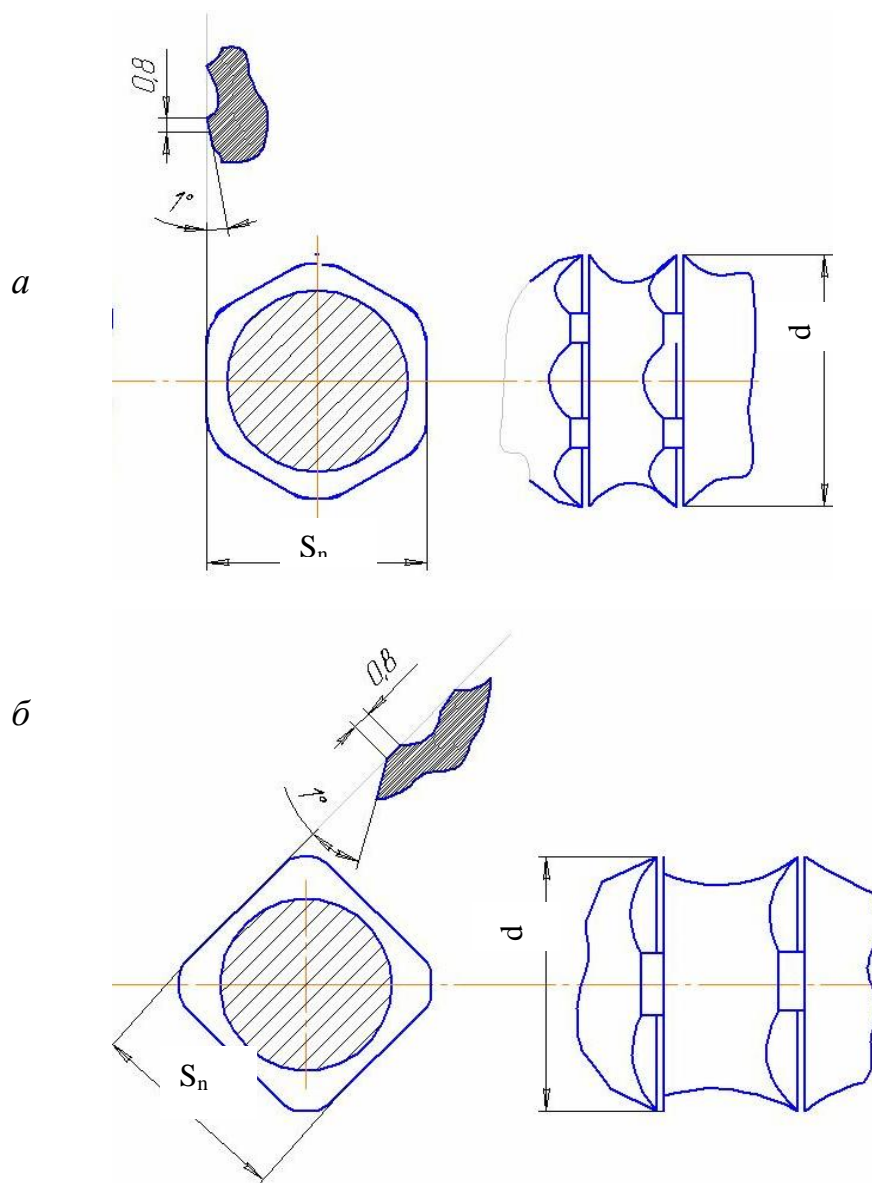


Рис. 1.9. Параметры режущей части:

a – шестигранная протяжка: *б* – квадратная протяжка

11. Проверка протяжки на прочность по найденной силе резания (см. п.1.1.10).

12. Определение диаметра последнего режущего зуба

Диаметр последнего режущего зуба рассчитывается по формулам:

- для квадратной протяжки:

$$d_{pz} = S_n \sqrt{2} - \Delta;$$

- для шестигранной протяжки:

$$d_{pz} = \frac{S_n}{\sin 60} - \Delta;$$

где Δ – величина притупления уголков, которая выбирается в интервале $\Delta = 0,1 \div 0,2$ мм. Величина d_{pz} должна быть кратной 0,05 мм. Следует помнить, что у протяжек, срезающих припуск по генераторной схеме, калибрующие зубья отсутствуют, однако после последнего режущего зуба выполняют несколько запасных зубьев, по размеру равных последнему режущему зубу.

13. *Определение количества запасных зубьев, имеющих размеры последнего режущего зуба* (обычно принимают $Z_{зап} = 3 - 4$ зуба).

14. *Составление таблицы диаметров зубьев* (см. п. 1.1.14)

Диаметр каждого последующего зуба определяется путем увеличения диаметра предыдущего зуба на удвоенную подачу для данной ступени ($2a_i$). Последним зубом данной ступени следует считать зуб, диаметр которого наиболее близок к вычисленной расчетной величине d_i . Диаметры следующих зубьев определяются путем последовательного увеличения на величину $(2a_i + 1)$ и т.д.

15. *Определение формы, размеров и расположения стружкоделительных канавок* (см. п.1.1.16).

16. *Определение размера передней направляющей* (см. п. 1.1.17).

17. *Определение размеров направляющего конуса* (см.п. 1.1.18).

18. *Определение размеров задней направляющей.*

Задняя направляющая выполняется квадратного сечения у квадратных протяжек и шестигранного сечения у шестигранных протяжек (рис.1.10). Диаметр задней направляющей $d_{зн}$ определяется путем округления диаметра последних зубьев d_{pz} до меньшего целого. Длина задней направляющей $l_{зн} = 0,75L$, но не менее 40 мм.

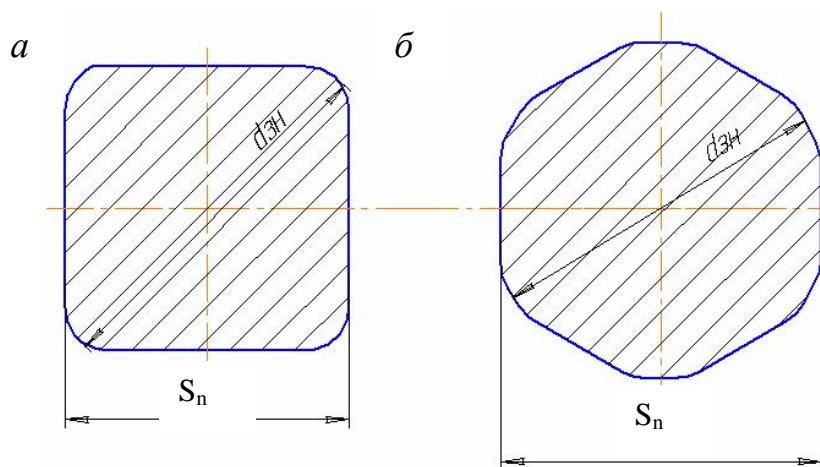


Рис. 1.10. Профиль поперечного сечения задней направляющей:

а – шестигранная протяжка; *б* – квадратная протяжка

На торцевой плоскости задней направляющей выполняется фаска размером $1 \times 45^\circ$.

1.4. Расчет протяжек для обработки отверстий с одной и двумя плоскостями

Образование профиля отверстия с одной или двумя плоскостями производится по последовательной (генераторной) схеме срезания припуска, т.е. режущие кромки зубьев имеют форму дуг окружностей, прерываемых одной или двумя лысками с размером S (рис.1.11).

Такую протяжку можно представить как цилиндрическую, профиль зубьев которой (в сечении, перпендикулярном оси) срезан одной или двумя лысками.

Порядок расчета протяжек для обработки отверстий с одной или двумя лысками следующий.

1. Исходные данные

Привести исходные данные в соответствии с заданием, изобразить отверстия детали с указанием всех размеров и предельных отклонений.

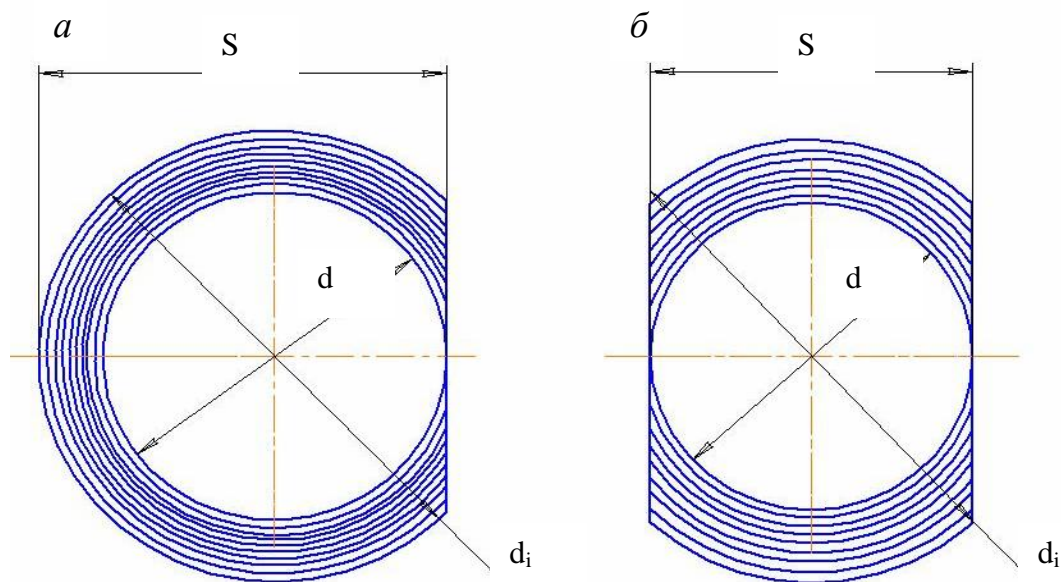


Рис. 1.11. Схема срезания припуска протяжкой с лысками:

a – с одной лыской; *б* – с двумя лысками

2. Определение диаметра отверстия в заготовке

Диаметр отверстия в заготовке, подготовленной под протягивание, рассчитывается по формулам:

- для протяжки с одной лыской:

$$d_0 = d - 2(d - S) = 2S - d;$$

- для протяжки с двумя лысками:

$$d_0 = S,$$

где d – диаметр цилиндрической поверхности готового отверстия, мм; S – размер отверстия по плоскости, мм.

Примечание. При такой величине диаметра отверстия в заготовке на плоскости готового отверстия остаются следы предварительного круглого отверстия, что обычно допускается для отверстий такого типа.

3. Выбор величины подачи на зуб (см. п.1.1.2).

4. Определение шага режущих зубьев (см. п.1.1.3).

5. *Определение глубины стружечных канавок с учетом величины подачи на зуб на предпоследней ступени (см. п.1.1.4).*

6. *Выбор величины переднего угла γ (см. п.1.1.5).*

7. *Выбор величин задних углов α (см. п.1.1.6).*

8. *Определение размеров профиля стружечных канавок (см. п. 1.1.7)*

Номинальный размер S_n (рис 1.12) от оси до лыски протяжки определяется по формулам:

- для протяжек с одной лыской:

$$S_n = S - \frac{d}{2} - \delta,$$

- для протяжек с двумя лысками:

$$S_n = S_{\max} - \delta,$$

где S_{\max} – наибольший предельный размер по лыскам отверстия, мм; δ – величина разбивки отверстия (см. п.1.1.11).

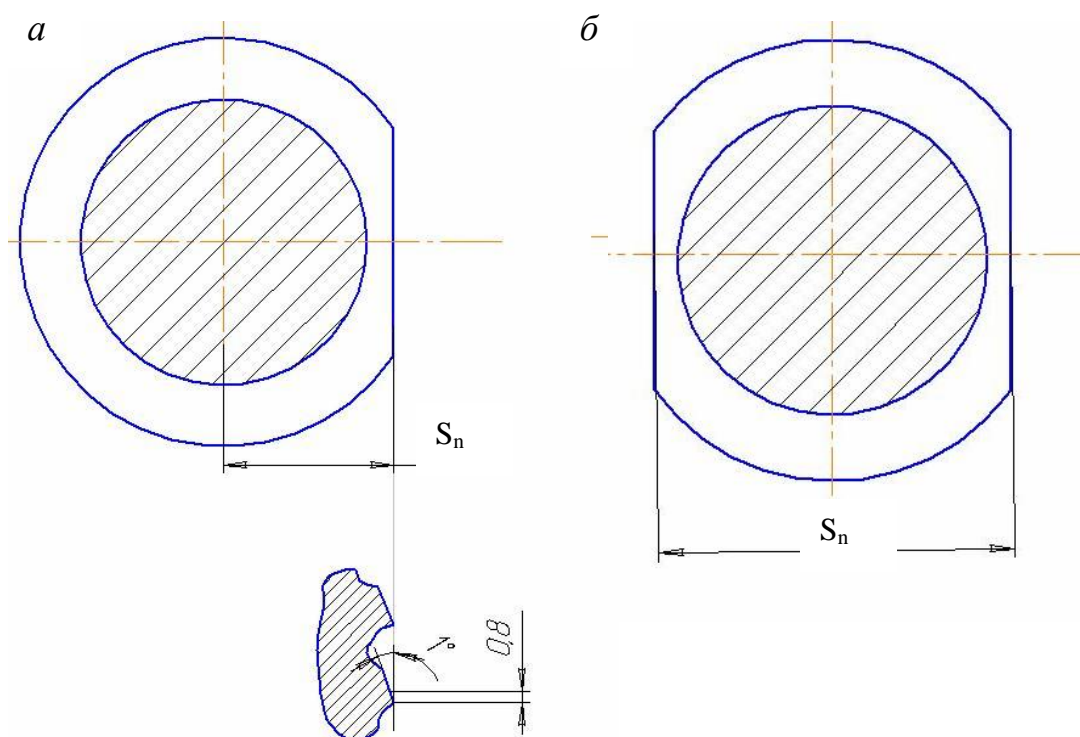


Рис. 1.12. Размеры стружечных канавок:

a – с одной лыской; *б* – с двумя лысками

Предельные отклонения на размер S : верхнее предельное отклонение принимается равным нулю, нижнее – выбирается в пределах от $1/4$ до $1/3$ от разности допусков ($T_s - T_d$) со знаком «минус», где T_s и T_d , – допуски на размеры S и d отверстия детали соответственно.

С целью уменьшения трения на плоских сторонах зубьев выполняется задний угол 1° , который располагается позади ленточек шириной 0,8 мм (см. рис.1.12).

9. *Выбор размеров хвостовика* (см. п.1.1.8).

10. *Определение силы резания* (см. п.1.1.9)

Сила резания при протягивании данными протяжками определяется так же, как для цилиндрической протяжки, т.е. по следующей эмпирической формуле:

$$P_{ш} = C_p \cdot a^x \cdot d_0 \cdot \pi \cdot Z_{max} \cdot K_\gamma \cdot K_c \cdot K_{и}.$$

11. *Проверка протяжки на прочность по найденной силе резания* (см. п.1.1.10).

12. *Определение номинального диаметра калибрующих зубьев d_k* (см. п. 1.1.11).

13. *Назначение предельных отклонений на диаметр калибрующих зубьев* (см. п.1.1.12).

14. *Определение количества калибрующих зубьев Z_k* (см. п.1.1.13).

15. *Составление таблицы диаметров зубьев* (см. п. 1.1.14).

16. *Определение шага калибрующих зубьев t_k* (см. п. 1.1.15).

17. *Определение формы, размеров и расположения стружкоделительных канавок* (см. п.1.1.16).

18. *Определение размера передней направляющей* (см. п. 1.1.17).

19. *Определение размеров направляющего конуса* (см. п. 1.1.18).

20. *Определение размеров задней направляющей*

Задняя направляющая имеет профиль отверстия в детали (рис. 1.13).

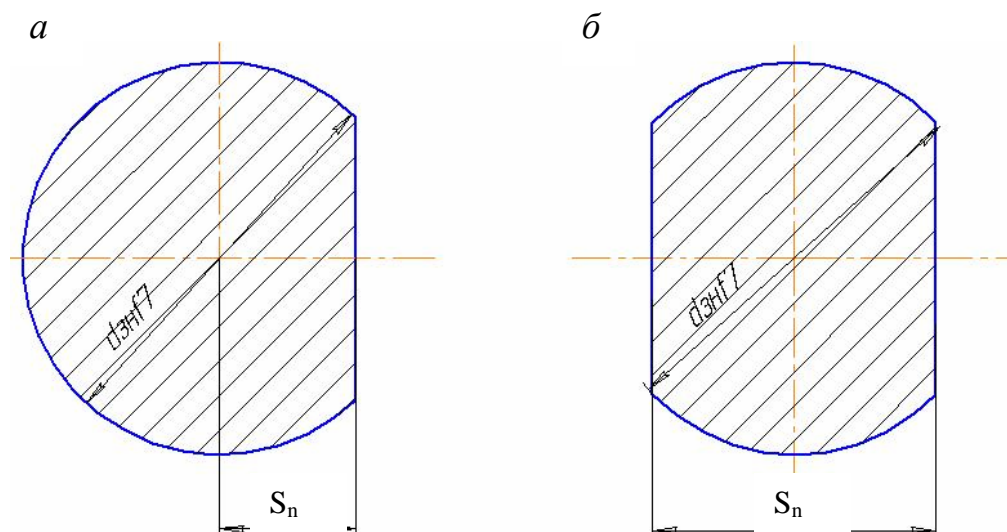


Рис. 1.13. Профиль поперечного сечения задней направляющей протяжки:

a – с одной лыской; *б* – с двумя лысками

Размер S_n выбирается таким же, как на рабочей части. Номинальный диаметр $d_{3H} = d$. Допуск на диаметр d_{3H} принимается по f7. Длина задней направляющей $l_{3H} = 0,75L$, но не менее 40 мм.

1.5. Расчет протяжки для обработки отверстия с двумя шпонками

Образование профиля отверстия с двумя шпонками производится по последовательной (генераторной) схеме срезания припуска, т.е. режущие кромки зубьев имеют форму дуг окружностей, прерываемых двумя лысками с размером S (первые зубья) или двумя пазами шириной b (рис.1.14).

Такую протяжку можно представить как цилиндрическую, вдоль которой прорезаны два паза. Первые зубья диаметром меньше d_n имеют круглый профиль с двумя лысками, все остальные зубья – круглый профиль с двумя пазами.

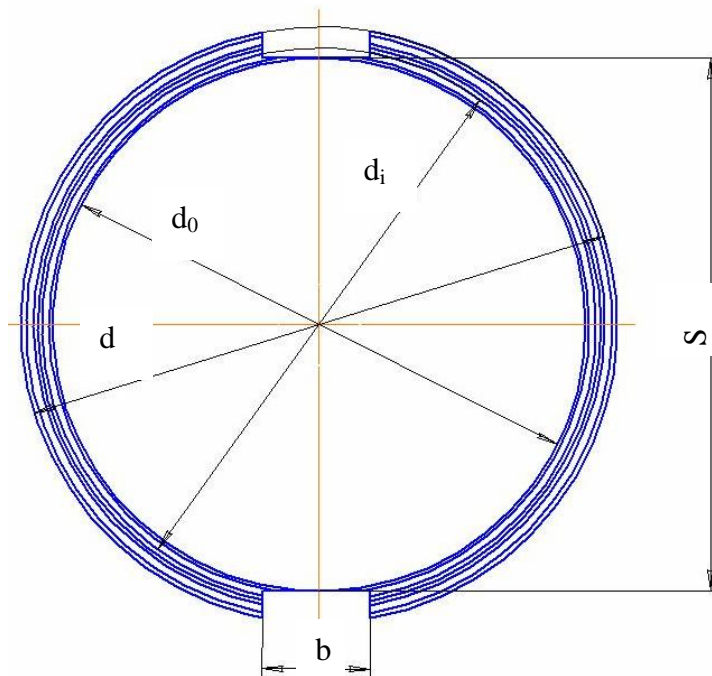


Рис. 1.14. Схема срезания припуска протяжкой с двумя шпонками

Порядок расчета протяжки для обработки отверстия с двумя шпонками следующий.

1. Исходные данные

Привести исходные данные в соответствии с заданием, изобразить отверстия детали с указанием всех размеров и предельных отклонений.

2. Определение диаметра отверстия в заготовке

Диаметр отверстия в заготовке, подготовленной под протягивание, рассчитывается по формуле

$$d_0 = S,$$

где S – размер отверстия по плоскости, мм.

Примечание. При такой величине диаметра отверстия в заготовке на плоскости готового отверстия остаются следы предварительного круглого отверстия, что обычно допускается для отверстий такого типа.

3. Выбор величины подачи на зуб (см. п.1.1.2).
4. Определение шага режущих зубьев и максимального количества одновременно работающих зубьев (см. п.1.1.3).
5. Определение глубины стружечных канавок с учетом величины подачи на зуб на предпоследней ступени (см. п.1.1.4).
6. Выбор величины переднего угла γ (см. п.1.1.5).
7. Выбор величин задних углов α (см. п.1.1.6).
8. Определение размеров профиля стружечных канавок (см. п. 1.1.7)

Номинальный размер S_n (S_n') по лыскам и по дну пазов протяжки рассчитывается следующим образом:

$$S_n = S_n' = S_{\max} - \delta,$$

где S_{\max} – наибольший предельный размер между шпонками отверстия детали, мм; δ – величина разбивки отверстия ($\delta = 0,005 \div 0,01$ мм).

Предельные отклонения на размер S_n' принимаются по е8, а на размер S_n верхнее отклонение равно нулю, а нижнее – выбирается в пределах от 1/3 до 1/4 от величины допуска на размер отверстия детали.

Номинальная ширина паза b_n на зубьях протяжки определяется по формуле

$$b_n = b_{\min} + \delta',$$

где b_{\min} – наименьший предельный размер (ширина) шпонки отверстия детали, мм; δ' – поправка на уменьшение ширины шпонки вследствие искривления или винтообразности протяжки (принимать $\delta' = 0,015$ мм).

Предельные отклонения на размер b_n : нижнее отклонение равно нулю, а верхнее – устанавливается в пределах от 1/3 до 1/4 от величины допуска на размер b отверстия детали.

С целью уменьшения трения на лысках зубьев выполняется задний угол $\alpha_1 = 1^\circ$, который располагается позади ленточек шириной 0,8 мм (рис. 1.15).

С этой же целью на боковых сторонах пазов делают поднутрение с углом $\varphi_1 = 1^\circ$ после ленточек шириной $f = 0,8$ мм.

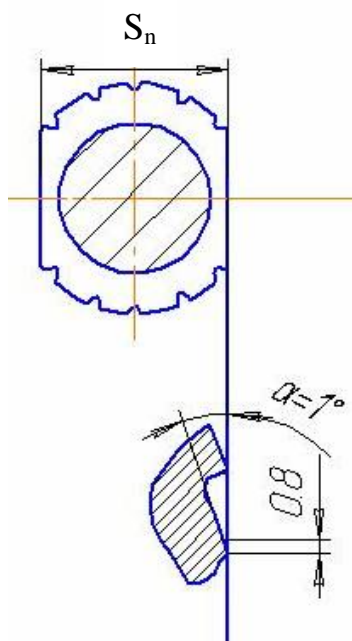


Рис. 1.15. Профиль стружечных канавок

Диаметр зуба, на котором кончается лыска и начинается паз:

$$d_n = \sqrt{S_n^2 + b^2}.$$

Порядковый номер зуба, имеющего паз (у предыдущих зубьев лыски), определяется по формуле

$$Z_n = \frac{d_n - d_0}{2a} + 2.$$

Величина Z_n округляется до меньшего целого числа.

9. *Выбор размеров хвостовика* (см. п.1.1.8).

10. *Определение силы резания* (см. п.1.1.9)

Сила резания при протягивании данными протяжками определяется так же, как для цилиндрической протяжки, т.е. по следующей эмпирической формуле:

$$P_{ш} = C_p a^x d_0 \pi Z_{max} K_\gamma K_c K_{и}.$$

11. Проверка протяжки на прочность по найденной силе резания (см. п.1.1.10).
12. Определение номинального диаметра калибрующих зубьев d_k (см. п. 1.1.11).
13. Назначение предельных отклонений на диаметр калибрующих зубьев (см. п.1.1.12).
14. Определение количества калибрующих зубьев Z_k (см. п.1.1.13).
15. Составление таблицы диаметров зубьев (см. п. 1.1.14).
16. Определение шага калибрующих зубьев t_k (см. п. 1.1.15).
17. Определение формы, размеров и расположения стружкоделительных канавок (см. п.1.1.16).
18. Определение размера передней направляющей (см. п. 1.1.17).
19. Определение размеров направляющего конуса (см. п. 1.1.18).
20. Определение размеров задней направляющей

Задняя направляющая для данной протяжки выполняется цилиндрической с двумя пазами. Размеры пазов (b_n , S_n' , $f = 0,8$ мм, $\varphi_1 = 1^\circ$). такие же, как размеры пазов на зубьях протяжки.

Номинальный диаметр $d_{зн} = d$. Допуск на диаметр $d_{зн}$ принимается по f7. Длина задней направляющей $l_{зн} = 0,75L$, но не менее 40 мм.

1.6. Расчет шпоночной протяжки

Заданием предусматривается проектирование плоской шпоночной протяжки, предназначенной для обработки шпоночного паза в готовом круглом отверстии (с помощью направляющей оправки).

На рис.1.16 изображено положение шпоночной протяжки 1 относительно обрабатываемой детали 2 и направляющей оправки 3 во время обработки. Хвостовик протяжки закреплен в патроне протяжного станка, а

направляющая оправка своим буртиком упирается в торец опорного кольца. Порядок расчета протяжки для обработки отверстия с двумя шпонками следующий.

1. Исходные данные

Привести исходные данные в соответствии с заданием, изобразить отверстия детали с указанием всех размеров и предельных отклонений.

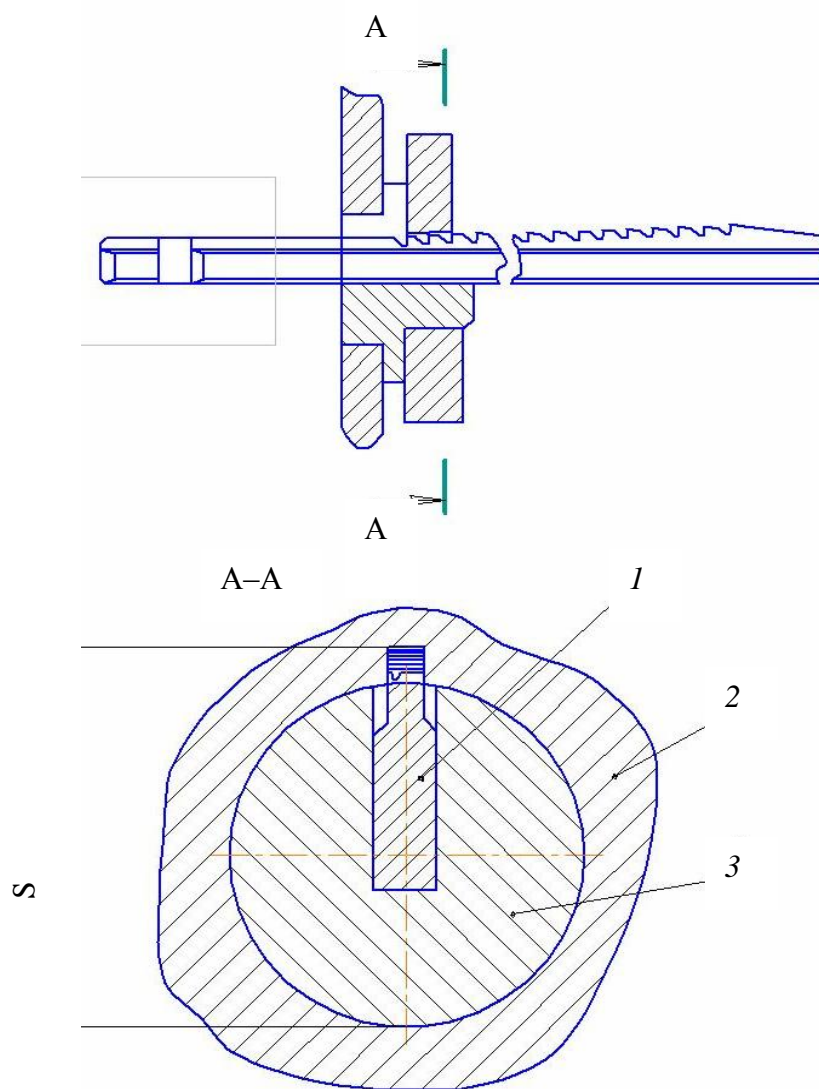


Рис. 1.16. Обработка паза шпоночной протяжкой:

1 – шпоночная протяжка; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – направляющая оправка

2. Выбор величины подачи на зуб (см. п.1.1.2).

3. *Расчет шага режущих зубьев и максимального числа одновременно работающих зубьев* (см. п.1.1.3).

4. *Расчет глубины стружечных канавок*

У шпоночных протяжек с целью увеличения возможного числа переточек канавки делают более глубокими: $h = 0,5 t$.

Вычисленную величину h следует округлить кратно 0,5 мм и проверить по условию размещения стружки в канавке:

$$h \geq 1,13 \sqrt{aLk},$$

где k – коэффициент заполнения стружечных канавок (см. табл. 1.3.).

5. *Выбор величины переднего и заднего углов*

Передний угол зуба шпоночной протяжки γ (см. п.1.1.5). Задние углы у всех зубьев обычно выбираются равными $\alpha = 4^\circ$.

6. *Определение остальных размеров профиля зубьев и стружечных канавок*

Для шпоночных протяжек рекомендуется выполнять стружечные канавки с прямолинейной спинкой зуба (см. рис.1.1, а). Размеры g , r , R выбираются в соответствии с п.1.1.7.

8. *Выбор размеров хвостовика*

Хвостовики шпоночных протяжек изготавливаются по ГОСТ 4043–70 (прил. 6). Для обработки пазов шириной b до 10 мм делают протяжки с утолщенным телом (исполнение хвостовика I), для обработки пазов шириной b свыше 10 мм применяют протяжки с тонким телом (исполнение хвостовика II).

В обоих случаях из ряда типоразмеров выбирается хвостовик, размер b_1 которого равен номинальному размеру b шпоночного паза.

Для хвостовиков исполнения I размер H_0 (высота утолщенной части) ГОСТом не устанавливается. Его определяют по формуле

$$H_0 = H - 1,25h,$$

где h – глубина стружечных канавок, мм.

Величина H_0 должна быть кратной 0,5.

При выполнении чертежа шпоночной протяжки следует иметь в виду, что выбранное сечение хвостовика сохраняется на всей длине протяжки.

9. *Определение силы резания* (см. п.1.1.9)

Сила резания при протягивании данными протяжками определяется по следующей эмпирической формуле:

$$P_{ш} = C_p a^x b Z_{max} K_\gamma K_c K_{и}.$$

10. *Проверка протяжки на прочность по найденной силе резания* (см. п.1.1.10)

Опасным сечением является сечение по канавкам хвостовика, площадь которого указана в таблицах прил. 6.

11. *Определение суммарного припуска под протягивание*

$$A_{max} = S_{max} - 0,5d_{min} - 0,5 \sqrt{d_{min}^2 - b^2},$$

где S_{max} и d_{min} – соответственно наибольшее и наименьшее значения размеров S и d отверстия в детали (рис. 1.17).

12. *Определение высоты калибрующих зубьев*

Высота калибрующих зубьев рассчитывается по формуле

$$H_k = H + A_{max},$$

где H – высота сечения хвостовика, мм.

13. *Определение шага калибрующих зубьев*

Шаг калибрующих зубьев у шпоночных протяжек равен шагу режущих зубьев. Последний калибрующий зуб выполняется удлиненным (см. рис.1.17): $t' = 1,5 t$.

14. *Определение количества калибрующих зубьев*

Количество калибрующих зубьев у шпоночных протяжек принимается $Z_k = 4$.

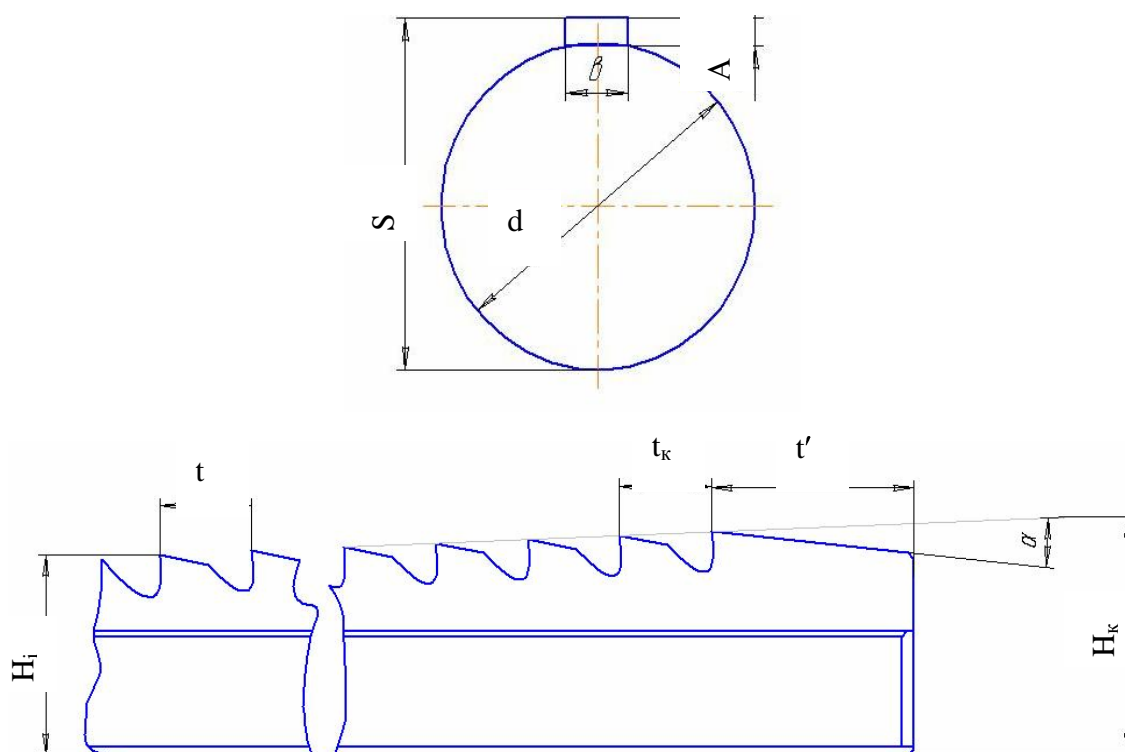


Рис. 1.17. Параметры калибрующих зубьев:

t – шаг режущих зубьев; t_k – шаг калибрующих зубьев; t' – длина последнего калибрующего зуба; H_k – высота последнего калибрующего зуба; H_i – высота режущих зубьев; A – глубина шпоночного паза; b – ширина шпоночного паза; d – диаметр оправки; S – размер шпоночного паза

15. Составление таблицы диаметров зубьев

При составлении таблицы определяются номинальные размеры H_i режущих зубьев, количество режущих зубьев и общее количество зубьев. Таблицу следует заполнить до начала выполнения чертежа. Размер первого зуба $H_1 = H$ (высоте сечения хвостовика). Размер каждого последующего зуба определяется путем увеличения размера предыдущего зуба на величину a . Таким образом, размер i -го зуба можно вычислить по формуле

$$H_i = H + (i - 1) a.$$

Размер последнего режущего зуба должен быть равен размеру калибрующих зубьев H_k . Для этого зуба допускается уменьшенная величина подачи a .

В таблице размеров зубьев шпоночной протяжки можно не указывать:

а) величину задних углов (они у всех зубьев одинаковы, поэтому указываются на чертеже);

б) предельные отклонения на размеры зубьев (их следует обозначить по посадке h7 для всех зубьев и отметить это на чертеже).

16. Определение номинального значения ширины зубьев протяжки

Номинальное значение ширины зубьев протяжки рассчитывается по формуле

$$b_{\text{п}} = b_{\text{max}} - \delta,$$

где b_{max} – наибольший предельный размер (ширина) шпоночного паза детали, мм; δ – величина разбивки ($\delta = 0,005 \div 0,01$ мм).

Предельные отклонения на размер $b_{\text{п}}$: верхнее предельное отклонение равно нулю, а нижнее – выбирается в пределах от 1/3 до 1/4 от величины допуска на размер b детали со знаком «минус».

17. Определение формы, размеров, количества и расположения стружкоделительных канавок (см. п. 1.1.16)

Количество канавок и их расположение выбирается так же, как и для шлицевых зубьев протяжки.

19. Определение остальных размеров протяжки

У протяжек с утолщенным телом с целью снижения трения на боковых сторонах зубьев делают поднутрения с углом $\varphi_1 = 1 \div 2^\circ$, которые располагаются после ленточек шириной 0,8 мм (рис. 1.17).

У протяжек с тонким телом с целью снижения трения на боковых сторонах делают выемки глубиной $0,1^{+0,1}$ мм, шириной $t_0 = t - g$ (см. рис.1.18).

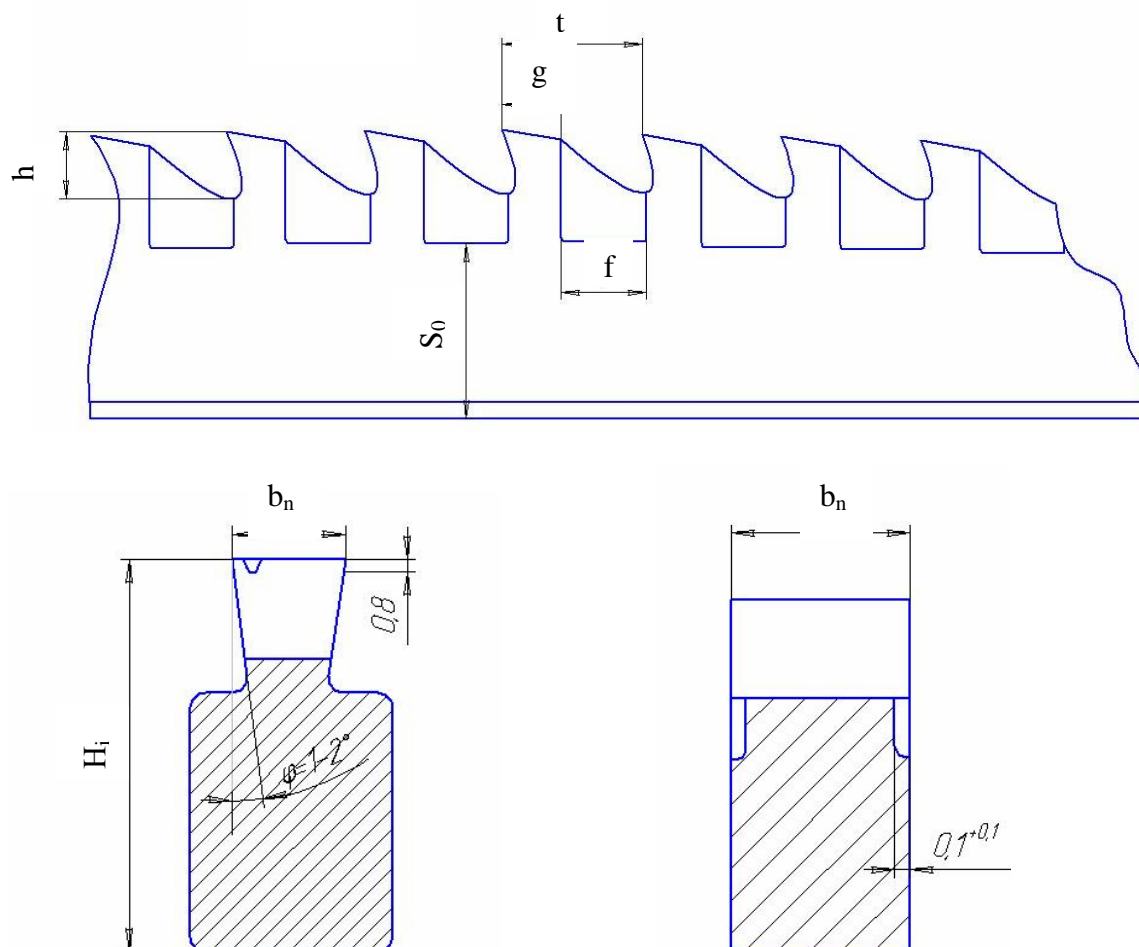


Рис. 1.18. Параметры зубьев шпоночной протяжки:

h – высота зуба протяжки; g – толщина зуба протяжки; t – шаг зубьев протяжки; b_n – ширина зубьев протяжки; H_i – расстояние от опорной плоскости до режущей кромки зуба протяжки; f – длина стружечной канавки протяжки

Расстояние до опорной плоскости протяжки $S_0 = H - 1,5 h$.

1.7. Выполнение рабочего чертежа протяжки

Рабочий чертеж протяжки должен быть выполнен в полном соответствии с требованиями ЕСКД, содержать все размеры и технические

требования, необходимые для изготовления протяжки. Чертеж, как правило, выполняется на листе формата А2 (420 × 594).

Графическая часть чертежа должна содержать:

1. Главный вид протяжки, на котором протяжка должна быть изображена в полную длину либо с вырывом (только в том случае, если вид не размещается на чертеже по длине).

2. Поперечные разрезы по впадинам зубьев (столько разрезов, сколько у протяжки разнотипных по профилю зубьев).

3. Поперечные разрезы по хвостовику и задней направляющей (при необходимости).

4. Выносные элементы, показывающие форму и размеры стружечных канавок и геометрические параметры зубьев (столько, сколько у протяжки различных по шагу и форме стружечных канавок зубьев).

5. Выносные элементы, показывающие форму и размеры стружкоделительных канавок.

6. Разрезы вдоль оси протяжки по лыскам, дну паза и т.д. (при их наличии), показывающие геометрию этих вспомогательных режущих кромок.

7. Прочие виды, разрезы (при необходимости).

8. Профиль обрабатываемого протяжкой отверстия со всеми размерами и предельными отклонениями.

В верхней части чертежа нужно расположить таблицу размеров (предельных отклонений, задних углов) зубьев. Такая же таблица вкладывается в пояснительную записку

В качестве материала протяжки следует принимать быстрорежущие стали Р6М5, Р12, Р18. Причем наиболее дорогостоящую марку Р18 рекомендуется применять лишь для изготовления протяжек сложного профиля (например, шлицевых), предназначенных для обработки сталей с высокими механическими свойствами.

Технические требования чертежа должны включать следующую информацию:

1. Размеры для справок.
 2. Данные о термообработке (рекомендуемая твердость рабочей части HRC 62...65, хвостовика – HRC 40...45).
 3. Неуказанные предельные отклонения.
 4. Другие требования (при необходимости).
- Шероховатость поверхностей протяжек назначается в соответствии с табл. 1.13.

Таблица 1.13

Шероховатость поверхностей протяжек

Поверхности протяжки	Ra, мкм
Ленточки на лысках зубьев	0,2
Задние поверхности калибрующих зубьев	0,2
Передние поверхности зубьев	0,4
Задние поверхности режущих зубьев	0,4
Направляющие части и поверхности	0,6
Стружкоделительные канавки	0,8
Поверхности стружечных канавок	0,8
Рабочие конусы центровых отверстий	0,8
Поверхности хвостовика	1,6
Направляющий конус	1,6
Остальные поверхности	3,2

У протяжек, имеющих режущие кромки с лысками (квадратных, шестигранных, с одной или двумя лысками), возможен случай полного срезания зуба лыской (до дна стружечной канавки).

Это происходит в конце рабочей части протяжки в случае, если

$$2S_n' \leq d_{ck\ i};$$

$$d_{ck\ i} = d_i - 2h,$$

где S_n' – размер от оси протяжки до лыски, мм; $d_{ск}$ – диаметр стружечной канавки i -го зуба, мм; h – глубина стружечной канавки, мм; d_i – диаметр i -го зуба, мм (рис. 1.19).

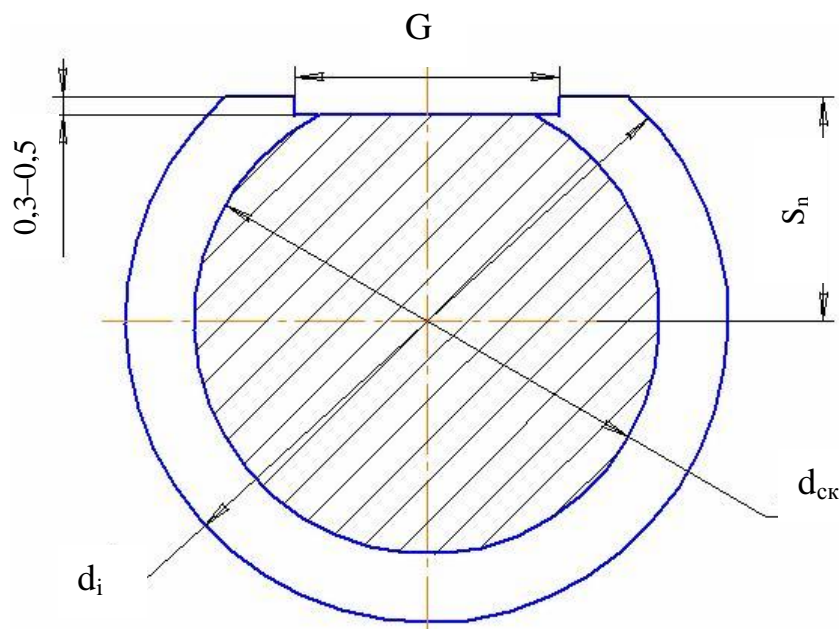


Рис. 1.19. Сечение режущего зуба протяжки
с продольной канавкой шириной G

В этом случае для уменьшения трения по лыскам в конце рабочей части (начиная с зуба диаметром $d_i \geq 2S_n + 2h - 1$) следует выполнять на каждой грани продольную канавку глубиной $0,3 \div 0,5$ мм. Ширина G канавок выбирается конструктивно, как показано на рис. 1.17.

У протяжек с круглым хвостовиком на обоих торцах выполняются центровые отверстия формы В по ГОСТ I4034–74. Диаметр отверстия зависит от диаметра хвостовика.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТЧИКОВ-ПРОТЯЖЕК

2.1. Общие сведения

Метчик-протяжка позволяет нарезать внутреннюю сквозную резьбу любого профиля с любым числом заходов за один проход. Производительность труда при работе этим инструментом в несколько раз выше, чем при нарезании резьбы токарным резьбовым резцом.

Основные особенности конструкции:

- 1) хвостовик расположен перед режущей частью;
- 2) длинная режущая часть (обычно в несколько раз длиннее резьбы детали);
- 3) наличие передней и задней направляющих;
- 4) конструкция хвостовика позволяет фиксировать инструмент в осевом направлении.

Нарезание резьбы метчиком-протяжкой производится чаще всего на обычном токарно-винторезном станке (рис.2.1).

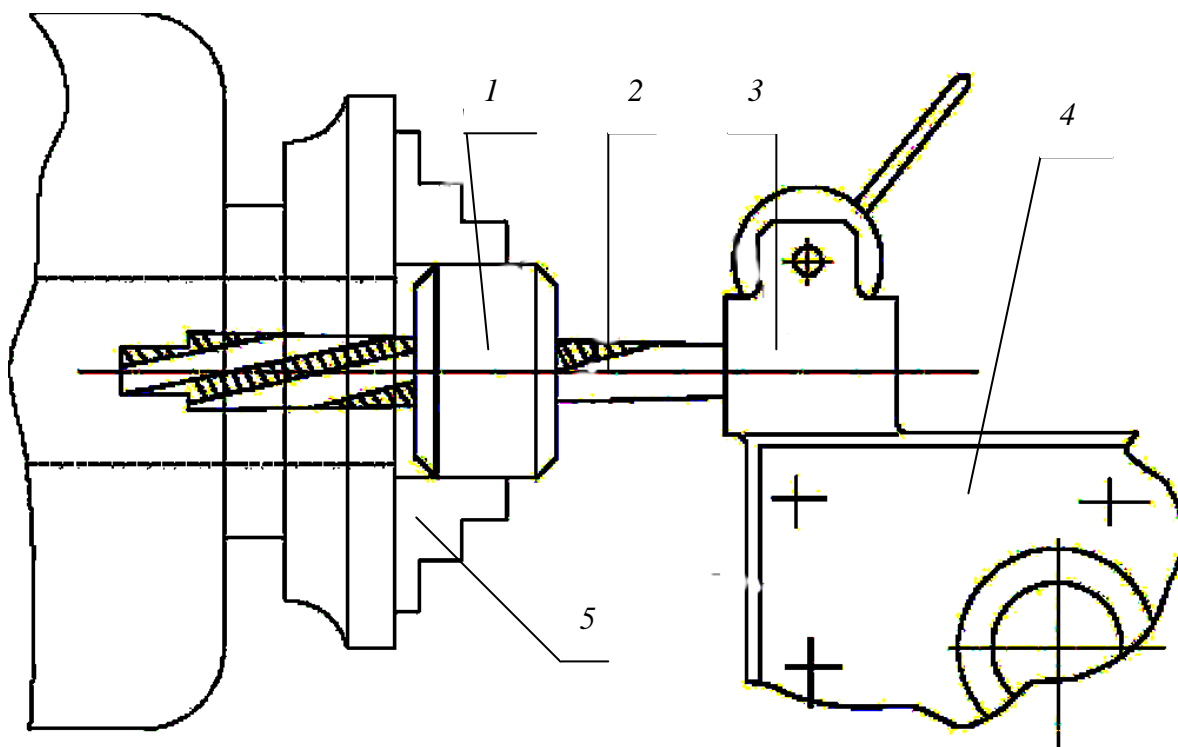


Рис. 2.1. Схема работы метчика-протяжки:

1 – заготовка; 2 – метчик-протяжка; 3 – державка; 4 – резцедержатель; 5 – патрон

Обрабатываемую заготовку 1, расточенную по внутреннему диаметру, надевают на хвостовик метчика-протяжки 2. Хвостовик вставляют в отверстие державки 3 и закрепляют в резцедержателе 4 станка, например, эксцентриковым зажимом (который показан на схеме) либо клином. Ось отверстия державки при этом совпадает с линией центров станка. Далее продольным перемещением суппортов метчик-протяжку с надетой на него деталью вводят между раскрытыми кулачками патрона 5, и деталь закрепляют в патроне. Левая часть метчика-протяжки при этом размещается в отверстии шпинделя станка. Ходовой механизм станка настраивают на шаг нарезаемой резьбы, вводят маточную гайку станка в зацепление с ходовым винтом, после чего включают вращение шпинделя (при нарезании правой резьбы – обратное направление вращения). Вращением заготовки в сочетании с продольным перемещением метчика-протяжки обеспечивают нарезание заданной резьбы.

Основной особенностью работы метчика-протяжки является наличие принудительной подачи с заданным шагом при нарезании. Конструкция метчика-протяжки приведена на рис. 2.2. Рабочую часть можно представить как винт с прорезанными стружечными канавками (обычно винтовыми, с углом наклона ω), резьба которого срезана по вершинам по конической поверхности с углом конуса на сторону φ . Для образования задних углов зубья (перья) на всей длине метчика-протяжки затылованы по профилю резьбы (т.е. по среднему и внутреннему диаметрам) на величину K_n , а также затылованы по вершинам профиля на величину K_v .

Передняя направляющая часть конструктивно совмещена с хвостовиком протяжки длиной l_3 диаметром d_0 . Задняя направляющая часть длиной l_0 выполняется гладкой цилиндрической формы с диаметром d_0 , равным диаметру хвостовика.

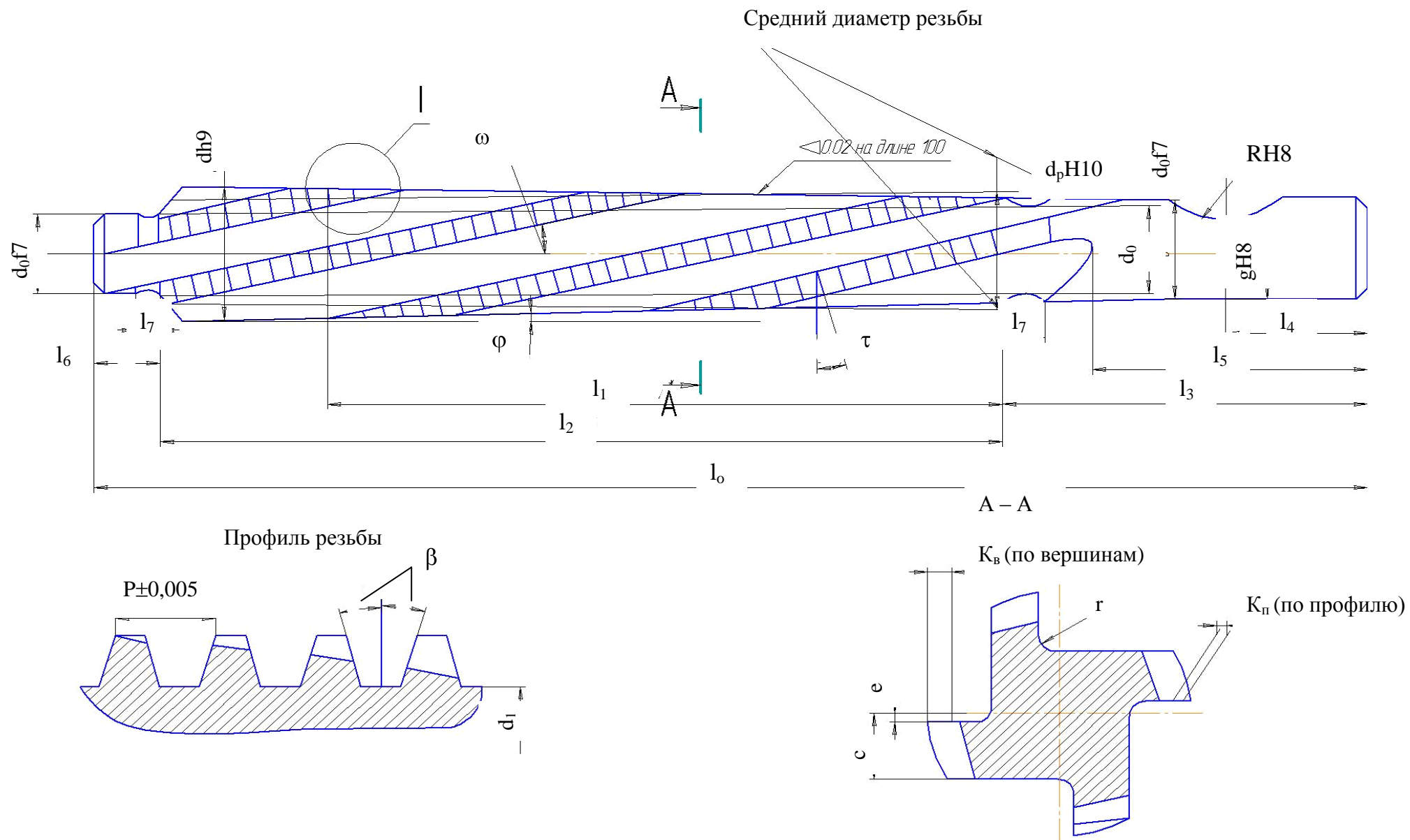


Рис. 2.2. Конструкция метчика-протяжки

Такой метчик срезает припуск по генераторной (последовательной) схеме (рис.2.3), т.е. каждый зуб метчика-протяжки срезает свой слой толщиной a и шириной b_i (равной ширине впадины резьбы).

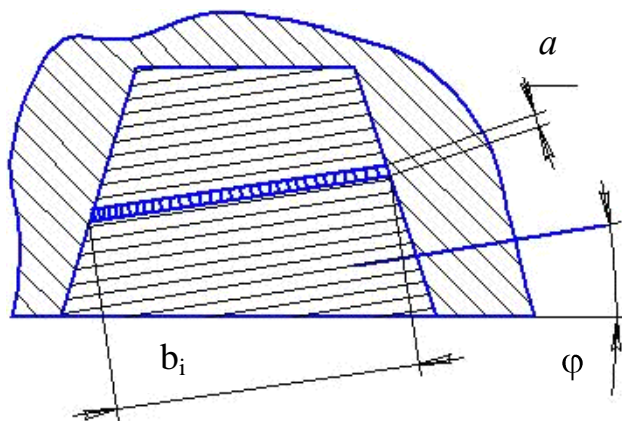


Рис. 2.3. Схема срезания припуска метчиком-протяжкой

Это обеспечивается превышением каждого последующего зуба над предыдущим вследствие наклона режущих кромок под углом φ к оси метчика-протяжки.

2.2. Расчет метчика-протяжки

Порядок расчета метчика-протяжки следующий.

1. Исходные данные

Необходимо привести все исходные данные в соответствии с заданием, изобразить профиль резьбы обрабатываемой детали со всеми размерами и предельными отклонениями (прил. 8 и 9).

Для определения номинальных размеров резьбы и предельных отклонений следует пользоваться справочными данными.

2. Выбор числа перьев

Для всех размеров метчиков-протяжек, предусмотренных заданием, можно принимать число перьев $n = 4$, что обеспечивает их достаточ-

ную прочность, вместимость стружечных канавок, технологичность конструкции метчика-протяжки (простоту контроля размеров резьбы).

3. *Определение максимального числа зубьев, одновременно участвующих в работе*

Максимальное число зубьев, одновременно участвующих в работе, рассчитывается по формуле

$$Z_{\max} = \frac{L}{P} \cdot n ,$$

где L – длина протягиваемого отверстия, мм; P – шаг нарезаемой резьбы, мм.

Величина Z_{\max} округляется до 0,1.

4. *Определение максимальной ширины среза*

Максимальная ширина среза b_{\max} представляет собой максимальную длину режущей кромки в начале режущей части (рис.2.4).

Так как угол φ мал, то $b_{\max} \approx b'_{\max}$, где b'_{\max} – максимальная длина режущей кромки зуба в сечении, параллельном оси метчика-протяжки.

Для трапецеидальной резьбы максимальная ширина среза рассчитывается по формуле

$$b_{\max} \approx \frac{P}{2} \cdot (1 + \operatorname{tg} 15) \approx 0,63 \cdot P,$$

где P – шаг, измеряемый по среднему диаметру резьбы, мм.

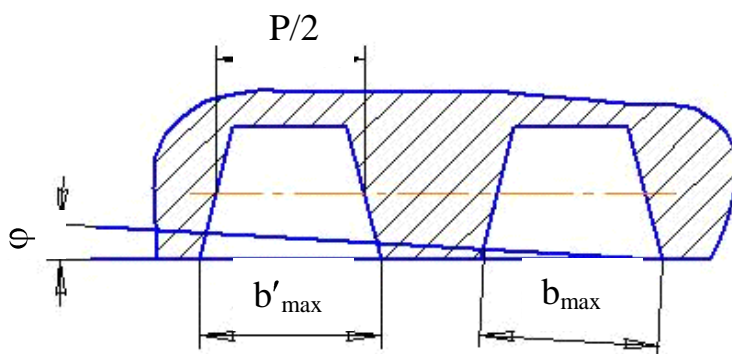


Рис. 2.4. Профиль нарезаемой резьбы

Для метрической резьбы максимальная ширина среза вычисляется по формуле

$$b_{\max} \approx 0,75 \cdot P.$$

5. Расчет диаметральных размеров конструктивных элементов метчика-протяжки

- 1) Диаметр хвостовика и задней направляющей:

$$d_0 = D_1,$$

(предельное отклонение по f7 (см. рис. 2.2)).

- 2) Диаметр по вершинам зубьев в начале режущей части:

$$d_p = D_1,$$

(предельное отклонение по H10 (см. рис. 2.2)).

- 3) Диаметр по вершинам зубьев калибрующей части:

$$d = D + 0,05 P,$$

(предельное отклонение по h9 (см. рис. 2.2)).

Примечание. Следует отметить, что традиционное название «калибрующая часть» не отражает назначения этого элемента метчика-протяжки. На самом деле эта часть с зубьями одинаковой высоты служит запасом на переточку.

- 4) Внутренний диаметр резьбы:

$$d_1 = D_1 - 0,05 P.$$

- 5) Средний диаметр резьбы:

$$d_2 = D_2 + 0,75 T_{D2},$$

где T_{D2} – допуск на размер D_2 , мм.

Верхнее предельное отклонение среднего диаметра резьбы равно нулю, а нижнее предельное отклонение определяется как $0,25T_{D2}$, со знаком «минус». Средний диаметр контролируется на конце калибрующей части, а на остальной длине метчика-протяжки выполняется с обратной конусностью $(0,02 \div 0,03)$ мм на длине 100 мм (уменьшается от хвостовика к задней направляющей).

6) Диаметр канавок:

$$d_3 = d_0 - 0,5.$$

6. Определение размеров поперечного сечения метчика-протяжки по стружечным канавкам

Размеры поперечного сечения метчика-протяжки по стружечным канавкам (см. рис.2.2) принимаются равными: $e = 0,09 d_0$ (при этом передний угол $\gamma = 10^\circ$), $c = 0,2 d_0$, $r = 0,15 d_0$. Вычисленные значения e , c , r следует округлить до величин, кратных 0,5 мм.

7. Определение полярного момента сопротивления кручению опасного сечения метчика-протяжки

Опасным является сечение по канавке диаметром d_3 между хвостовиком и режущей частью. Полярный момент сопротивления кручению этого сечения можно вычислить по приближенной формуле

$$W_k = \frac{(d_3 + 2c)^3}{40},$$

где c – расстояние от спинки пера до оси метчика-протяжки, мм.

8. Выбор величины подачи на зуб

Предварительно величину подачи можно принять так же, как для шлицевой протяжки (см. табл. 1.2). Для этого из указанных в таблице интервалов следует выбрать минимальную величину. В дальнейшем, в случае несоблюдения условий прочности метчика-протяжки, величину a необходимо уменьшить.

9. Определение крутящего момента сил резания

Крутящий момент сил резания рассчитывают по эмпирической формуле

$$M_k = C_p a^x b_{\max} Z_{\max} \frac{d_p}{2} K_\gamma K_{\text{и}} K_c, [\text{Н} \times \text{мм}],$$

где C_p , x , K_γ , $K_{\text{и}}$, K_c выбираются в соответствии с п. 1.1.9.

10. Проверка метчика-протяжки на прочность

Проверка метчика протяжки на прочность при кручении осуществляется по условию:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq [\tau_k],$$

где $[\tau_k]$ – допускаемые касательные напряжения. При изготовлении метчика-протяжки из быстрорежущей стали следует принимать $[\tau_k] = 210 \text{ Н/мм}^2$.

При несоблюдении условия прочности нужно повторить расчет (пп. 8, 9, 10), уменьшив при этом величину подачи a .

11. Определение размеров хвостовика

Длину хвостовика и размеры выкружки на хвостовике (см. рис. 2.2) определяют в соответствии с диаметром хвостовика d_0 и длиной резьбы детали L (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Размеры хвостовика, мм

Диаметр хвостовика, d_0	Глубина выкружки, g (предельное отклонение по Н8)	Радиус выкружки, R (предельное отклонение по Н8)	Длина крепежной части, l_4	Длина хвостовика, l_3
Св. 20 до 25	$d_0 - 3$	20	35	$L + 60$
Св. 25 до 30	$d_0 - 3,5$			
Св. 30 до 35	$d_0 - 4$			
Св. 35 до 40	$d_0 - 5$	25	40	$L + 80$
Св. 40 до 45	$d_0 - 6$			
Св. 45 до 50	$d_0 - 7$			
Св. 50 до 55	$d_0 - 8$	30	45	$L + 100$
Св. 55 до 60	$d_0 - 9$			

12. Определение угла заборного конуса φ

Обычно угол φ выполняется не более $1^\circ \div 1^\circ 30'$, поэтому в случае метрической резьбы его следует уменьшить до 1° , в случае трапецидальной резьбы – до $1^\circ 30'$ (рис. 2.5).

13. Определение размеров вдоль оси метчика-протяжки

1) Длина режущей части метчика протяжки (размер для справок):

$$l_1 = \frac{d - d_p}{2 \operatorname{tg} \varphi}.$$

2) Длина рабочей части метчика-протяжки (размер расчетный, на чертеже не проставляется):

$$l_2 = l_1 + (4 \div 7) P.$$

3) Расстояние от торца хвостовика метчика-протяжки до начала стружечных канавок:

$$l_5 = l_3 - \frac{L}{2}.$$

4) Длина задней направляющей метчика-протяжки:

$$l_6 = (5 \div 8) P.$$

5) Ширина канавок метчика-протяжки:

$$l_7 = (1,5 \div 2) P.$$

6) Общая длина метчика-протяжки:

$$l_8 = l_2 + l_5 + l_6.$$

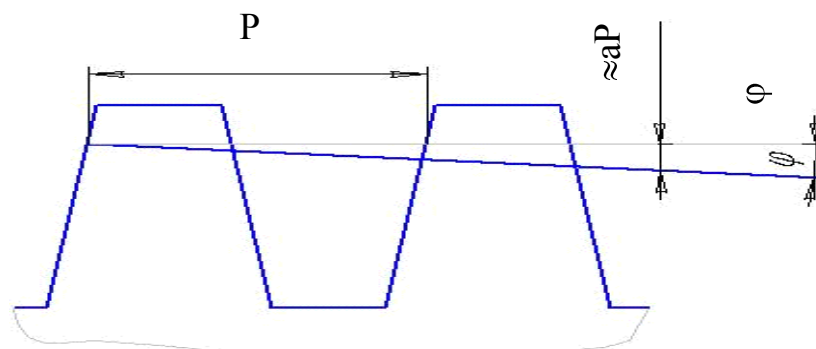


Рис. 2.5. Определение угла заборного конуса

14. *Определение величины затылования*

1) Величина затылования по профилю резьбы (по среднему и внутреннему диаметрам) принимается в пределах

$$K_{\pi} = (0,1 \div 0,2) \text{ мм.}$$

2) Величина затылования по вершинам зубьев

$$K_{\text{в}} = \frac{\pi d_p}{n} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – задний угол по вершинам зубьев, град.

Из указанного интервала значений $K_{\text{в}}$ нужно выбрать величину, кратную 0,5 мм.

15. *Определение угла наклона витков резьбы*

Угол наклона витков резьбы τ на среднем диаметре резьбы вычисляется (с точностью до одной секунды) по формуле

$$\tau = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi d_2}.$$

16. *Определение шага и угла подъема винтовых стружечных канавок*

Для метчика-протяжки нужно принимать $\omega = \tau$, тогда шаг винтовых стружечных канавок $P_{\text{ск}}$ будет составлять

$$P_{\text{ск}} = \frac{\pi d_2}{\operatorname{tg} \tau}.$$

Вычисленную величину $P_{\text{ск}}$ необходимо округлить до значения, кратного 6 мм, после чего уточнить угол ω с точностью до одной секунды по формуле

$$\omega = \operatorname{arctg} \frac{\pi d_2}{P_{\text{ск}}}.$$

На чертеже угол ω указывается как справочный размер, а шаг стружечных канавок $P_{\text{ск}}$ – как основной размер (в технических требованиях).

Направление винтовых стружечных канавок выбирается противоположным направлению резьбы.

17. Определение угла профиля резьбы метчика-протяжки

Угол профиля резьбы метчика-протяжки назначается:

- для нарезания трапецеидальной резьбы:

$$\beta = 15^\circ \pm 2',$$

- для нарезания метрической резьбы:

$$\beta = 30^\circ \pm 2'.$$

18. Назначение предельных отклонений шага резьбы метчика

Предельные отклонения шага резьбы метчика: верхнее предельное отклонение +0,005 мм, нижнее предельное отклонение – минус 0,005 мм.

2.3. Выполнение рабочего чертежа метчика-протяжки

Чертеж выполняется на листе формата А2 (420х594). На чертеже должны быть представлены следующие виды и разрезы:

1. Главный вид (масштаб выбрать в зависимости от длины метчика-протяжки).
2. Профиль резьбы метчика-протяжки в увеличенном масштабе.
3. Поперечный разрез в увеличенном масштабе.

Технические требования чертежа должны содержать следующую информацию:

1. Размеры для справок.
2. Данные о термообработке.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров.
4. Шаг винтовых стружечных канавок.
5. Направление винтовых стружечных канавок.
6. Витки неполного профиля срезать.

Шероховатость различных поверхностей метчика-протяжки назначается по табл.2.2.

Таблица 2.2

Шероховатость поверхностей метчика-протяжки

Поверхность метчика-протяжки	R_a , мкм
Боковые поверхности резьбы	0,4
Наружная поверхность резьбы	0,4
Поверхности стружечных канавок	0,4
Цилиндрическая поверхность хвостовика	0,8
Цилиндрическая поверхность задней направляющей	0,8
Выкружка на хвостовике	0,8
Остальное	3,2

Размеры фасок принимаются конструктивно. На обоих торцах метчика-протяжки выполняются центровые отверстия формы В (ГОСТ 14034–74). Диаметр отверстия выбирается в зависимости от диаметра d_0 хвостовика.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ ВАЛОВ

3.1. Общие сведения

Червячная шлицевая фреза обрабатывает боковые стороны фаски на вершинах шлицев и цилиндрическую поверхность меньшего диаметра шлицевого вала методом центроидного огибания (обкатки).

Фреза совершает главное вращательное движение с угловой скоростью $n_{\text{фр}}$. Зубья фрезы расположены по винтовой линии, поэтому в процессе вращения фрезы, ее профиль смещается на величину шага за один оборот (в приведенном на рис.3.1 примере профиль смещается вправо). Это поступательное смещение профиля можно рассматривать как одну из составляющих относительного движения обкатки. Другая составляющая движения обкатки – вращение заготовки шлицевого вала с угловой скоростью $n_{\text{заг}}$.

Соотношение угловых скоростей фрезы и заготовки обеспечивается настройкой кинематических цепей станка (зубофрезерного или шлицефрезерного) таким образом, чтобы начальная окружность заготовки катилась без проскальзывания по начальной прямой профиля фрезы.

Основной задачей при проектировании червячной шлицевой фрезы является профилирование, т.е. определение таких размеров профиля фрезы в нормальном сечении, которые при обкатке обеспечат заданные размеры шлицевого вала. Профилирование будет достаточно точным, если определить размеры профиля рейки, которая находится в правильном плоском зацеплении со шлицевым валом, и принять этот профиль в качестве профиля зубьев в нормальном сечении фрезы.

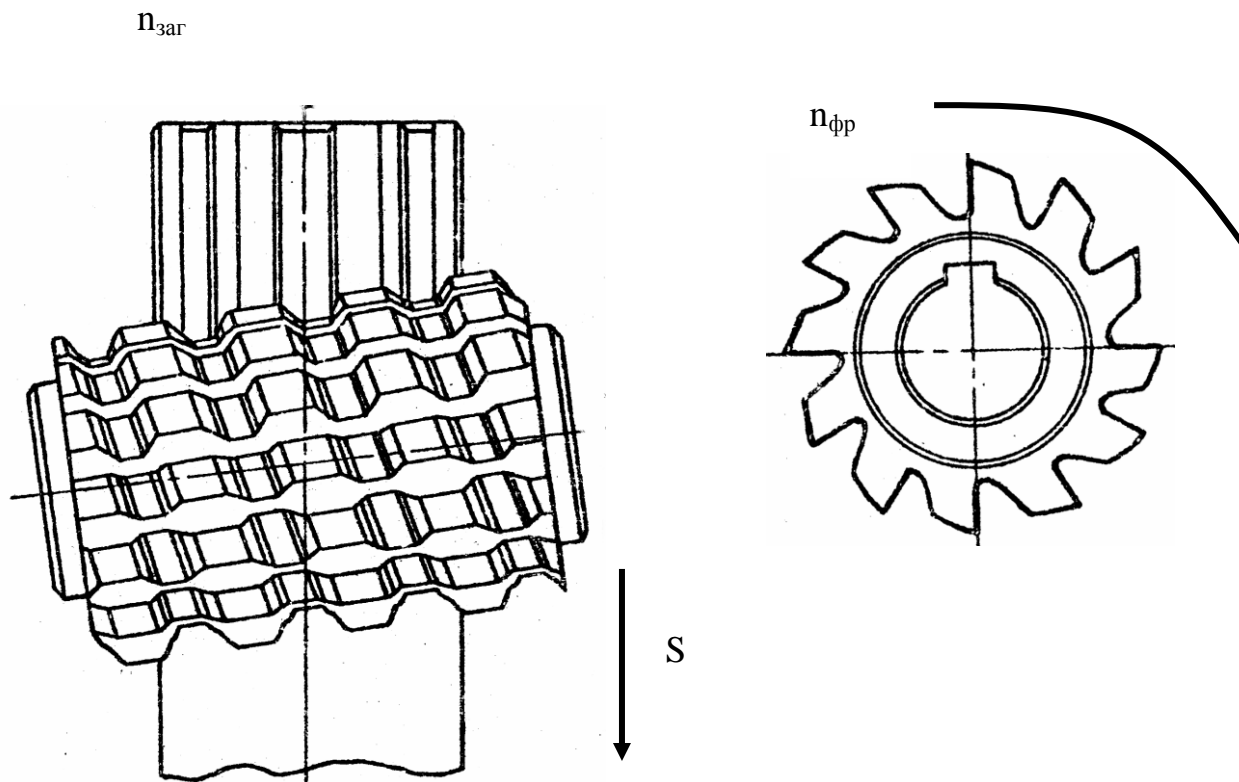


Рис. 3.1. Схема резания червячной шлицевой фрезы:

$n_{\text{заг}}$ – вращение заготовки; $n_{\text{фр}}$ – вращение фрезы

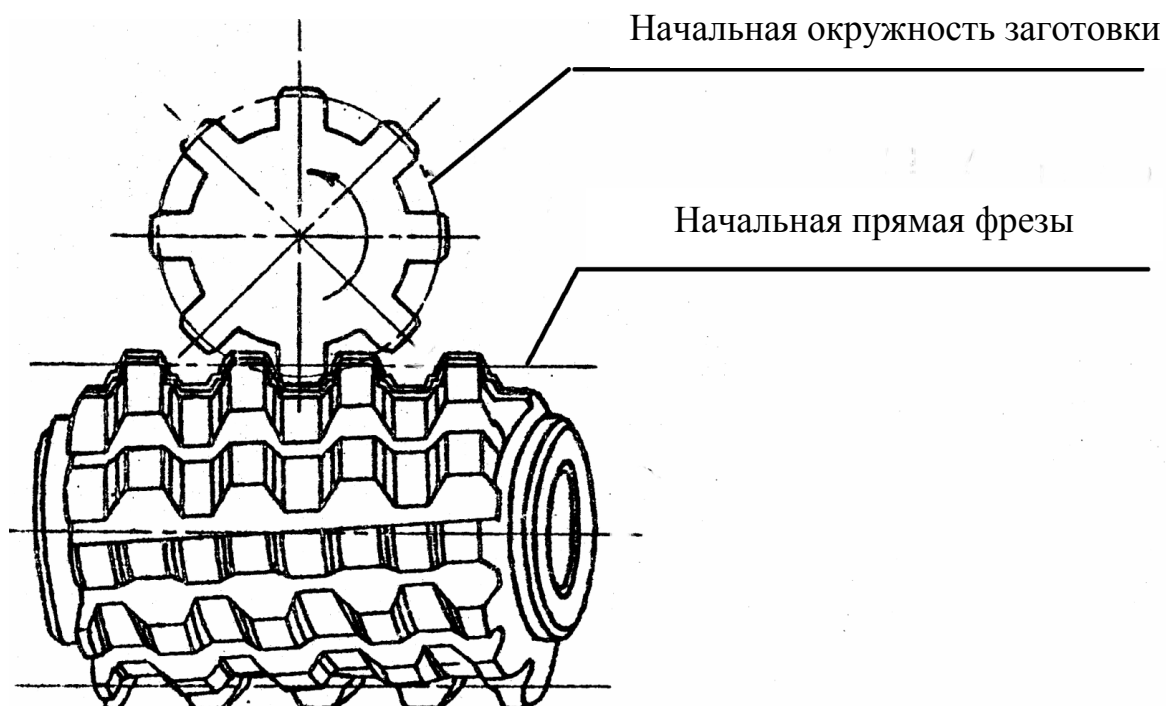


Рис. 3.2. Схема нарезания шлицев червячной шлицевой фрезой

Правильное плоское зацепление характеризуется следующими обязательными условиями:

- 1) в точках контакта сопряженные профили детали и инструмента должны иметь общую нормаль;
- 2) эта нормаль должна проходить через неподвижную точку начальной окружности заготовки и начальной прямой инструмента;
- 3) в любых положениях изделия нормаль должна пересекать (или касаться) начальную окружность.

Наиболее точным методом профилирования червячной фрезы является аналитический метод, сущность которого состоит в составлении уравнений кривой, ограничивающей профиль сбоку. По таким уравнениям можно найти координаты нескольких точек профиля. На практике обычно находят координаты трех точек профиля, далее определяют радиус и координаты центра окружности, проходящей через эти три точки. Дугу этой окружности и принимают в качестве кривой, ограничивающей профиль сбоку. Такая замена сложной кривой профиля дугой окружности упрощает изготовление и контроль профиля фрезы и в то же время обеспечивает достаточную точность профиля при обработке шлицевых валов с высотой шлица до 3,5 мм.

В положении, изображенном на рис.3.2, начальная прямая профиля катится по начальной окружности радиуса обрабатываемого шлицевого вала.

Аналитические уравнения профиля зуба фрезы выражаются в системе координат XOY . Для осуществления расчета совместим эту систему координат с начальной прямой фрезы (см.рис. 3.2).

Ось абсцисс направлена по начальной прямой, начало координат находится в точке пересечения профиля зуба фрезы с начальной прямой, ось ординат направлена в сторону центра детали.

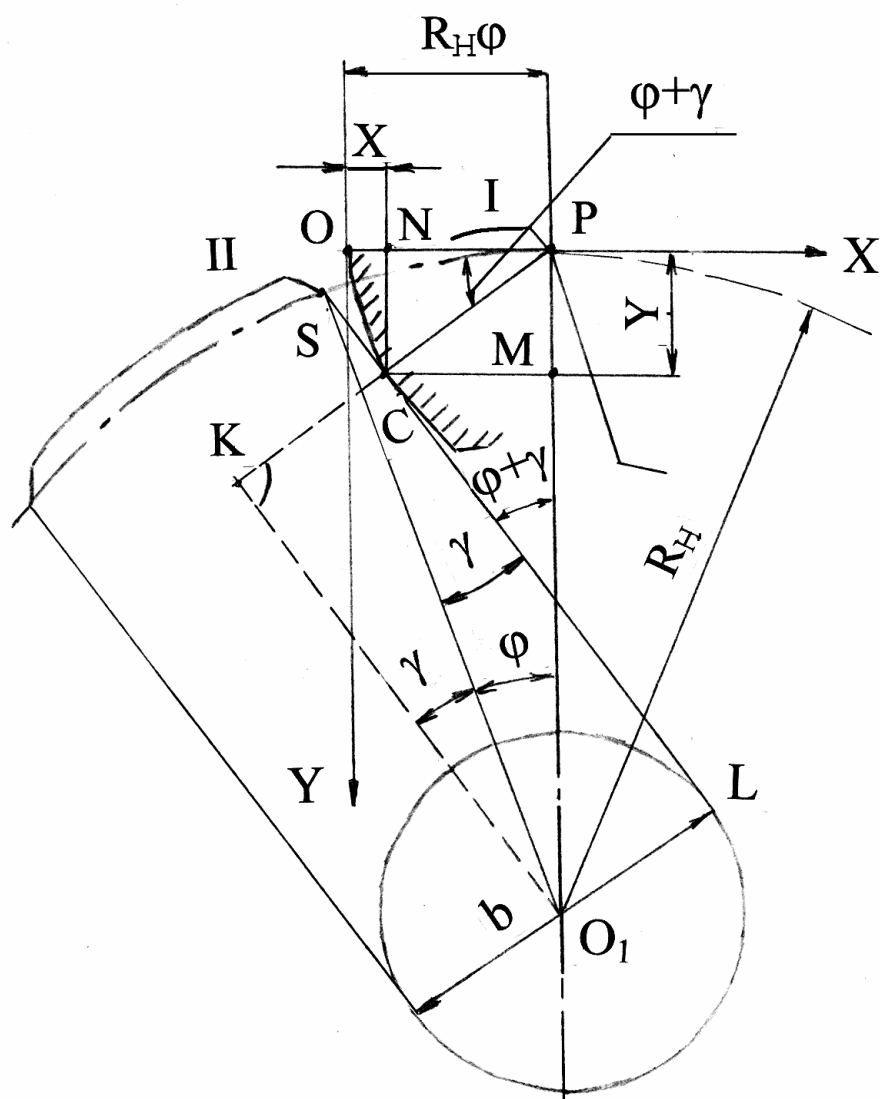


Рис. 3.3. Схема профиля фрезы

В начальном положении I точка начала координат O совпадает с полюсом P. При повороте изделия, например, против часовой стрелки в положение II на произвольный угол ϕ начало координат вместе с начальной прямой фрезы передвинется влево на величину OP.

Так как отрезок OP катился по дуге SP без скольжения, то

$$OP = \cup SP = R_H \phi$$

(ϕ в радианах).

В положении II профиль изделия будет профилироваться фрезой в точке C, которая получена путем опускания перпендикуляра из полюса зацепления P на прямую профиля изделия.

Вычислим координаты точки С:

1) абсцисса:

$$X = OP - NP = R_n \varphi - PC \cos (\gamma + \varphi),$$

где γ – угол профиля шлица;

2) ордината

$$Y = CN = PC \sin (\gamma + \varphi).$$

Определим расстояние PC

Из треугольника O_1KP :

$$KP = R_n \sin (\gamma + \varphi);$$

$$O_1L = KC.$$

Из треугольника O_1LS :

$$O_1L = R_n \sin \gamma.$$

Следовательно,

$$PC = R_n \sin (\gamma + \varphi) - R_n \sin \gamma = R_n [\sin (\gamma + \varphi) - \sin \gamma].$$

После подстановки величины PC в формулы для определения X и Y получим уравнения:

$$X = R_n \{ \varphi - [\sin (\gamma + \varphi) - \sin \gamma] \cos (\gamma + \varphi) \}, \quad (3.1)$$

$$Y = R_n \{ [\sin (\gamma + \varphi) - \sin \gamma] \cos (\gamma + \varphi) \}.$$

Считая Y заданным и решая уравнение для ординаты Y относительно $\sin (\gamma + \varphi)$, получим:

$$\sin (\gamma + \varphi) = \frac{\sin \gamma}{2} + \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{4} + \frac{Y}{R_n}}. \quad (3.2)$$

Формулы (3.1) и (3.2) и есть расчетные формулы для профилирования зуба фрезы.

Для замены теоретической кривой профиля дугой окружности на теоретической кривой выбирают три точки и определяют радиус и координаты центра окружности, проходящей через эти три точки. Для выбора точек задаются координатой Y начальной точки (рис.3.4).

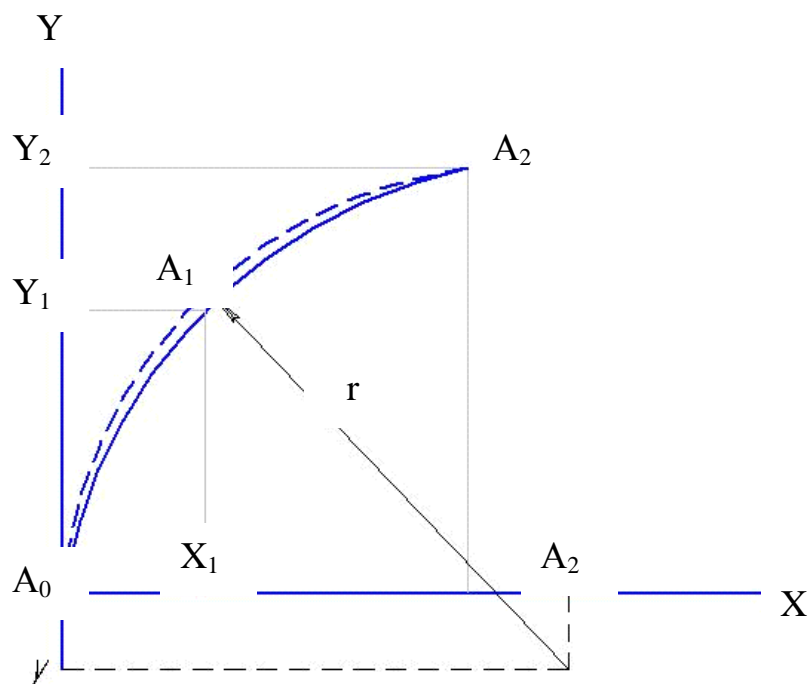


Рис. 3.4. Схема к определению координат центра заменяющей окружности и ее радиуса

Одну точку (A_0) выбирают на начальной прямой ($Y = 0$); вторую точку (A_1) – примерно на середине профиля ($Y_1 = 0,45h$, где h – высота профиля фрезы); третью точку (A_2) – около вершины профиля ($Y_2 = 0,9h$). Абсцисса точки A_0 равна 0. Абсциссы X_1 и X_2 точек A_1 и A_2 вычисляются по формулам (1) и (2). Зная координаты трех точек, лежащих на окружности, можно рассчитать координаты X_0 и Y_0 центра этой окружности и ее радиус r_0 по формулам аналитической геометрии.

3.2. Расчет червячной шлицевой фрезы

Порядок расчета червячной шлицевой фрезы следующий.

1. Исходные данные

В разделе следует привести исходные данные в соответствии с заданием, расшифровать условное обозначение шлицевого вала, проставить на

все его размеры предельные отклонения в мм (прил. 10). Перевод буквенных обозначений отклонений в численные выполнить по СТ СЭВ 144–75.

Рассмотрим следующий пример.

Спроектировать червячную фрезу для нарезания шлицев на шлицевом валу $d - 8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8$. Фаска $C = 0,5 \times 45^\circ$.

Определим размеры шлицевого вала

а) число шлицев $n = 8$;

б) наружный диаметр $D = 40a11 = 40_{-0,47}^{-0,31}$;

в) малый диаметр $d = 36e8 = 36_{-0,089}^{-0,050}$;

г) ширину шлица $b = 7f8 = 7_{-0,035}^{-0,013}$;

д) центрирование по малому диаметру d .

Профиль шлицевого вала с указанием исходных размеров приведен на рис. 3.5.

2. Расчетные размеры шлицевого вала

Расчетный наружный диаметр:

$$D_p = D_{\max} - 2C,$$

где D_{\max} – наибольший предельный размер наружного диаметра, мм; C – размер фаски, мм.

Расчетный малый диаметр:

$$d_p = d_{\min} + 0,25Td,$$

где d_{\min} – наименьший предельный размер малого диаметра, мм; Td – допуск на изготовление малого диаметра, мм.

Расчетная ширина шлица:

$$b_p = b_{\min} + 0,25Tb,$$

где b_{\min} – наименьший предельный размер (ширина) шлица, мм; Tb – допуск на ширину шлица, мм.

Диаметр начальной окружности:

$$D_n = \sqrt{D_p^2 - 0,75b_p^2}.$$

Вычислить с точностью до 0,1 мм.

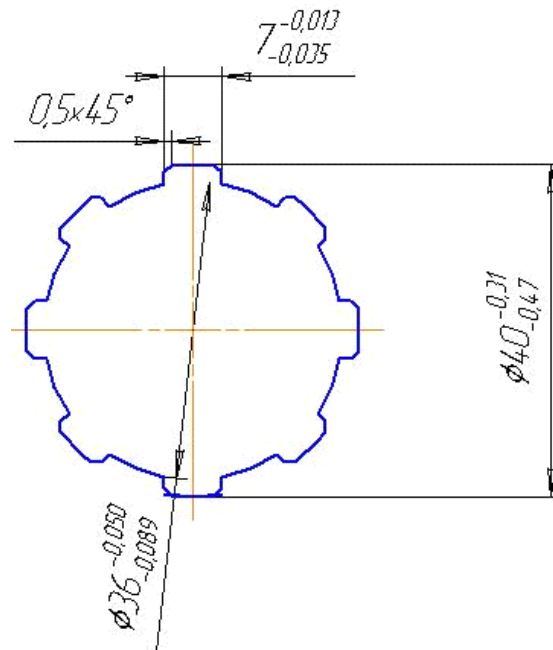


Рис. 3.5. Профиль шлицевого вала

Радиус начальной окружности:

$$R_n = \frac{D_n}{2}.$$

Значение радиуса начальной окружности не округлять.

Синус угла профиля шлица:

$$\sin \gamma = \frac{b_p}{D_n}.$$

Угол профиля шлица (вычислить в радианах):

$$\gamma = \arcsin \frac{b_p}{D_n}.$$

3. Радиус и координаты центра заменяющей окружности

Высота профиля фрезы (расчетная высота шлица):

$$h = \frac{D_n - d_p}{2}.$$

Вычислить с точностью до 0,001 мм.

Ординаты точек A_1 и A_2 :

$$Y_1 = 0,45h,$$

$$Y_2 = 0,9h.$$

Вычислить с точностью до 0,01 мм.

Углы поворота заготовки вала φ_1 и φ_2 в радианах при соответствующих ординатах Y_1 и Y_2 :

$$\sin(\gamma + \varphi_1) = \frac{\sin \gamma}{2} + \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{4} + \frac{Y_1}{R_H}},$$

$$\sin(\gamma + \varphi_2) = \frac{\sin \gamma}{2} + \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{4} + \frac{Y_2}{R_H}},$$

$$\varphi_1 = \arcsin[\sin(\gamma + \varphi_1)] - \gamma, \text{ рад},$$

$$\varphi_2 = \arcsin[\sin(\gamma + \varphi_2)] - \gamma, \text{ рад}.$$

Точность вычислений углов поворота заготовки вала φ_1 и φ_2 при соответствующих ординатах Y_1 и Y_2 в пределах 10^{-6} .

Абсциссы точек A_1 и A_2 :

$$X_1 = \{\varphi_1 - [\sin(\gamma + \varphi_1) - \sin \gamma] \cos(\gamma + \varphi_1)\} R_H,$$

$$X_2 = \{\varphi_2 - [\sin(\gamma + \varphi_2) - \sin \gamma] \cos(\gamma + \varphi_2)\} R_H.$$

Вычислить с точностью до 0,001 мм.

Абсцисса центра заменяющей окружности:

$$X_0 = \frac{(X_2^2 + Y_2^2) \cdot Y_1 - (X_1^2 + Y_1^2) \cdot Y_2}{2 \cdot (X_2 \cdot Y_1 - X_1 \cdot Y_2)}.$$

Вычислить с точностью до 0,001 мм.

Ордината центра заменяющей окружности:

$$Y_0 = \frac{(X_2^2 + Y_2^2) \cdot X_1 - (X_1^2 + Y_1^2) \cdot X_2}{2 \cdot (X_1 \cdot Y_2 - X_2 \cdot Y_1)}.$$

Вычислить с точностью до 0,001 мм.

Радиус центра заменяющей окружности:

$$r_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}.$$

Вычислить с точностью до 0,01 мм.

Примечание. Расчет радиуса и координат центра заменяющей окружности рекомендуется выполнять с использованием компьютерной программы. Дискету с программой расчета можно получить у лаборанта кафедры «Технологии машиностроения и методики профессионального обучения».

Расчет выполняется по следующему алгоритму:

1. Рассчитать по формулам, приведенным в п. 3.2.2. и 3.2.3, значения $\sin \gamma$, R_y и h , которые являются исходными данными для расчета профиля фрезы.
2. Установить дискету на персональный компьютер и открыть программу расчета.
3. Выполнить расчет в соответствии с указаниями, приведенными в программе.
4. Полученные в результате расчета значения X_0 , Y_0 , r_0 перенести с экрана монитора в пояснительную записку.
5. Распечатать на принтере результаты расчета и приложить их к пояснительной записке.

4. Расчет остальных размеров профиля фрезы

При фрезеровании шлицевого вала червячной фрезой у основания шлица образуются так называемые переходные кривые, т.е. боковая поверхность шлица сопрягается с малой цилиндрической поверхностью обрабатываемого шлицевого вала по плавной кривой (галтели).

Для валов, центрирующихся в отверстии по наружному диаметру это обычно допускается (из-за гарантированного значительного зазора по малому диаметру).

Для валов, центрирующихся в шлицевом отверстии по малому диаметру, наличие таких переходных кривых на рабочем участке боковой стороны шлица не допускается. В этом случае (при центрировании по

малому диаметру) на вершинах профиля фрезы следует предусматривать выступы, которые называются усиками и образуют у основания шлица вала канавки (рис.3.4, *а*). При центрировании вала по наружному диаметру наличие таких усиков не обязательно (см. рис.3.4, *б*).

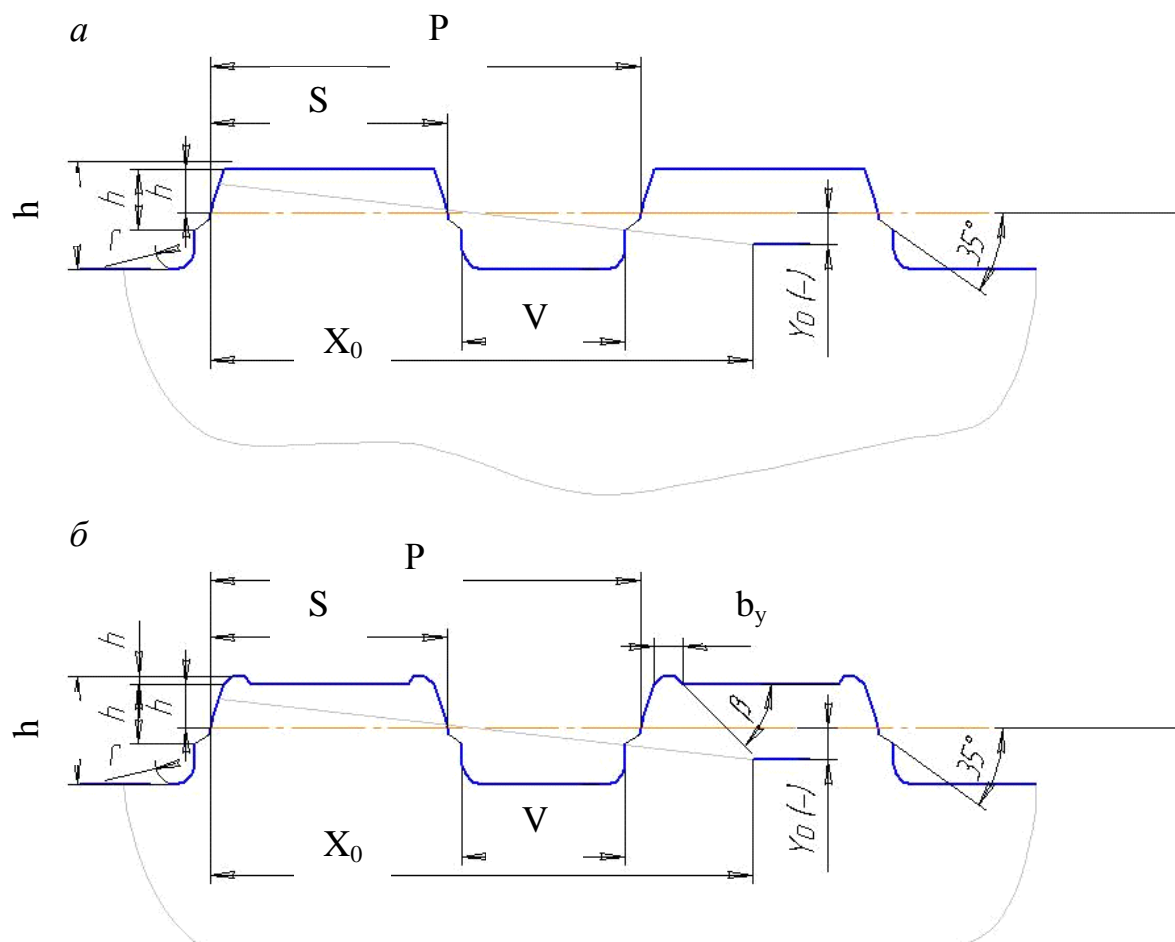


Рис. 3.4. Размеры профиля фрезы:

а – профиль фрезы без усиков; *б* – профиль фрезы с усиками

Шаг витков по нормали (равен шагу шлицев вала по начальной окружности) вычисляется по формуле

$$P = \frac{\pi D_n}{n},$$

где n – число шлицев.

Толщина зуба фрезы по начальной прямой (равна ширине впадины между шлицами вала по начальной окружности):

$$S = D_n \left(\frac{\pi}{n} - \gamma \right),$$

при этом γ – в радианах.

Высота кривого участка профиля (без учета высоты усиков):

$$h_1 = \frac{D_p - d_p}{2}.$$

Общая высота профиля:

- для фрезы без усиков:

$$h_0 = h_1 + C + (1,5 \div 3);$$

- для фрезы с усиками:

$$h_0 = h_1 + h_y + C + (1,5 \div 3).$$

Вычисленные величины принять кратными 0,5 мм.

Условием для расчета высоты усика h_y является точное профилирование в крайней точке К, лежащей на окружности диаметра d_p (рис. 3.6). Критический угол α_k , при котором может происходить профилирование в точке К:

$$\cos \alpha_k = \frac{d_p \cos \gamma_k}{D_n}; \quad \alpha_k = \arccos \frac{d_p \cos \gamma_k}{D_n};$$

где $\gamma_k = \arcsin \frac{b_p}{d_p}$ – угол профиля шлица у его основания.

Высота усика:

$$h_y = R_n \sin \alpha_k (\sin \alpha_k - \sin \gamma_k) - h,$$

вычисленное значение нужно округлить кратно 0,1 мм в большую сторону.

Ширина канавки по дну впадины:

$$V = P - S - 2C,$$

найденное значение округляется кратно 0,5 мм в меньшую сторону.

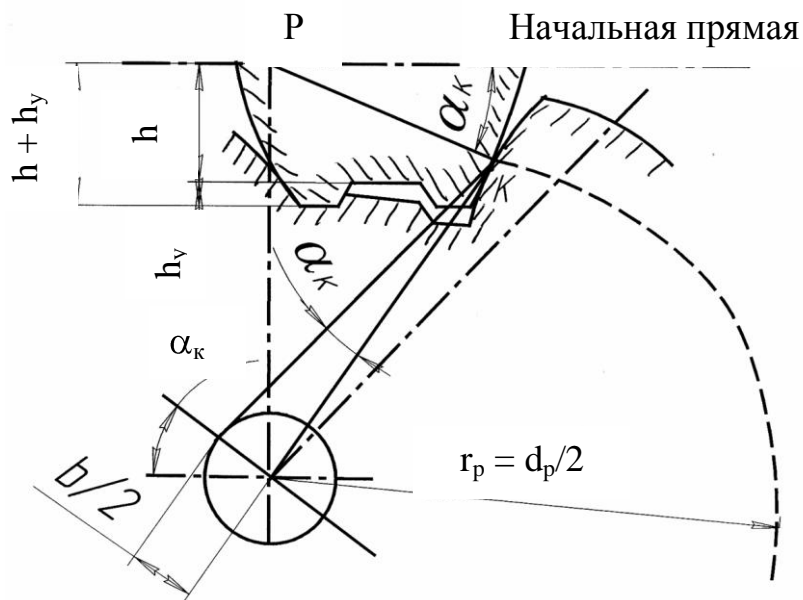


Рис. 3.6. Схема профилирования усиков

Угол фаски у основания профиля зуба выполняется 35° для фаски на валике с углом 45° с учетом обкатки.

Ширина вершины усика:

$$b_y = (0,8 \div 1)h_y.$$

Угол усика $\beta = (45 \div 60)^\circ$.

5. Определение остальных размеров фрезы

Остальные размеры профиля фрезы (наружный диаметр фрезы $D_{\text{ЕИ}}$, диаметр буртиков d_6 , ширина буртиков b_6 , диаметр отверстия d_0) определяются в зависимости от шага P по табл. 3.1 (рис.3.7).

Для чистовых червячных фрез передний угол γ выбирается равным нулю, что позволяет исключить искажения профиля, вызываемые наличием переднего угла и увеличить точность профиля фрезы.

Диаметр расточки:

$$d_1 = d_0 + 1.$$

Длина фрезы:

$$L \geq 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot (D - h_1)} + 2P + 2b_6,$$

где D – наружный диаметр шлицевого вала, мм.

Таблица 3.1

Определение остальных размеров фрезы

Шаг по нормали Р		D _{ЕИ} , мм	d _б , мм	b _б , мм	d _о [*] , мм
свыше	до				
3,0	4,0	50	35	2,5	22
4,0	6,5	55			
6,5	9,0	60			
9,0	11	70	40	3,0	27
11	13	75			
13	15	80			
15	16	85	48	3,5	32
16	18,5	95			
18,5	21	100			
21	25	110			
25	27	120			
27	30	130	60	4,0	40

* Отклонение размера по Н6.

Длину фрезы округляют до четного числа. Вычисленная величина L является минимально допустимой. При проектировании длину фрезы нужно конструктивно увеличить до величины $L = (1 \div 1,2)D_{ЕИ}$.

Длина расточки $l \approx L / 3$ (расчетная величина округляется до четного числа).

Число винтовых стружечных канавок Z (число зубьев) при $D_{ЕИ} \leq 80$ равно 12; при $D_{ЕИ} > 80$ составляет 14 канавок.

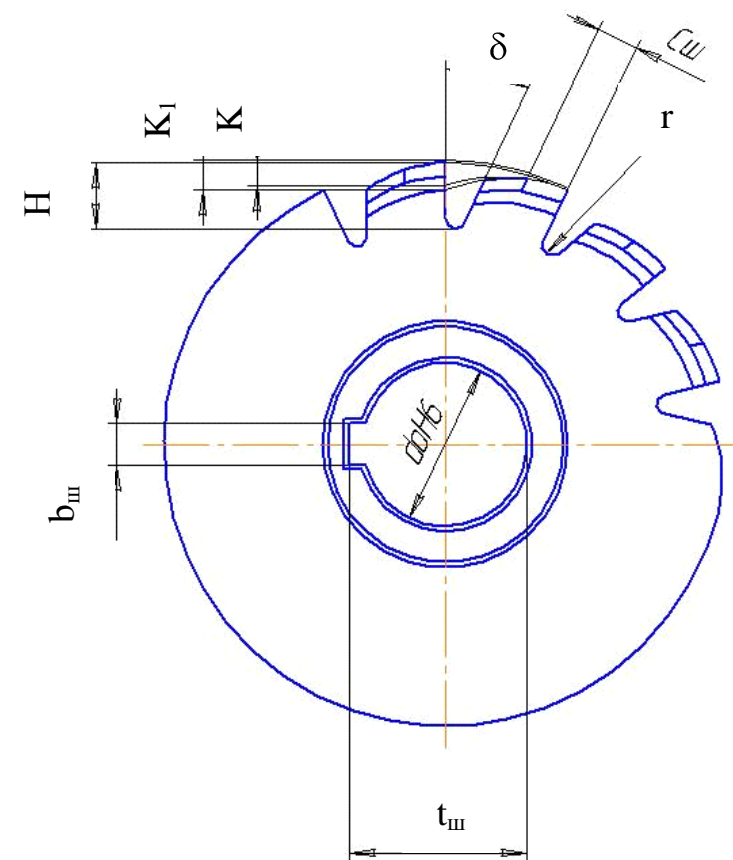
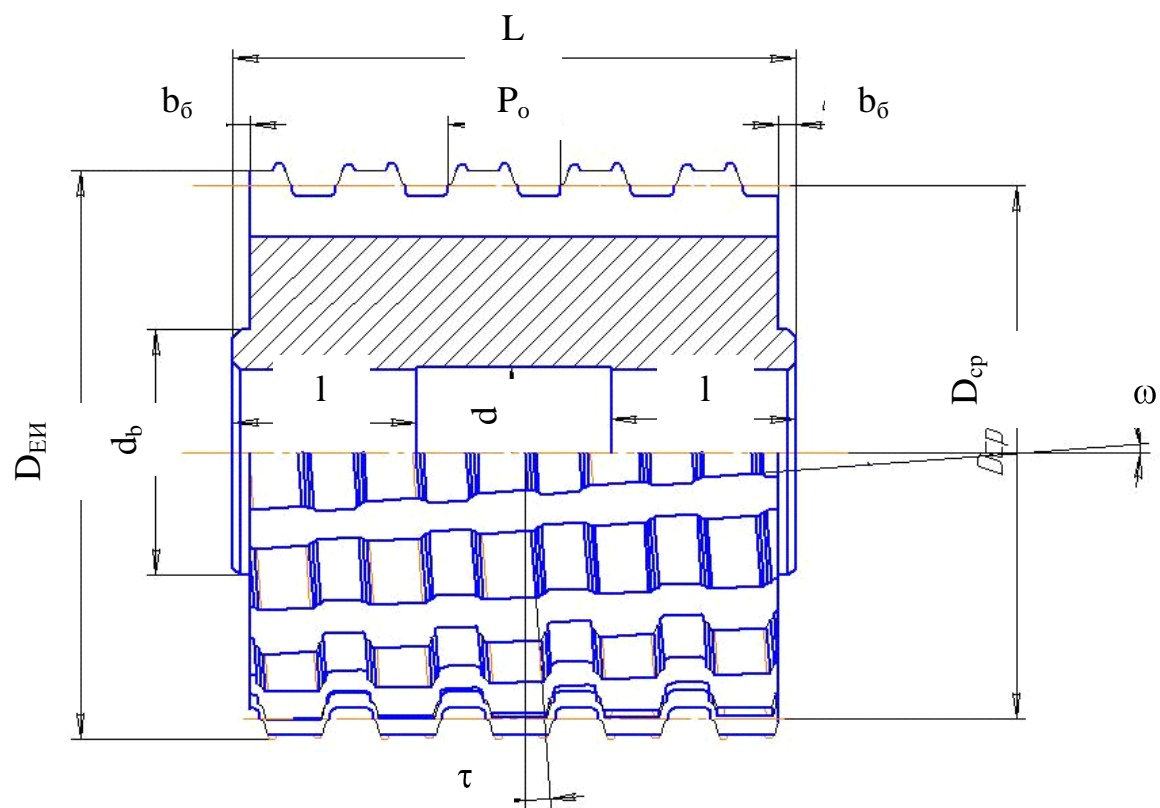


Рис.3.7. Основные конструктивные параметры червячной шлицевой фрезы

Величина затылования шлифованной части зуба:

$$K = \frac{\pi \cdot D_{\text{ЕИ}}}{Z} \operatorname{tg} \alpha_{\text{в}},$$

где $\alpha = (9 \div 10)^\circ$ – задний угол на вершине зуба.

Величина затылования K должна быть кратной 0,5 мм.

Величина дополнительного затылования (нешлифованной части зуба) $K_1 = (1,3 \div 1,5) K$ (принять величину, кратную 0,5 мм).

Длина шлифованной части зуба:

$$C_{\text{ш}} = P_{\text{окр}} / 3,$$

где $P_{\text{окр}} = \frac{\pi D_{\text{ЕИ}}}{Z}$ – окружной шаг зубьев, мм.

Угол профиля стружечной канавки $\delta = (22 \div 25)^\circ$.

Радиус r дна стружечной канавки определяется конструктивно в пределах $(2 \div 3)$ мм в зависимости от диаметра фрезы.

Глубина стружечной канавки (полная высота зуба):

$$H = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r.$$

Значение глубины стружечной канавки следует округлить до большего целого числа.

Средний расчетный диаметр:

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{ЕИ}} - 2(h + h_y) - 0,25 K.$$

Для фрезы без усиков $h_y = 0$.

Угол подъема витков профиля τ на среднем расчетном диаметре:

$$\tau = \arcsin \frac{P}{\pi \cdot D_{\text{ср}}}.$$

Угол подъема витков профиля τ следует вычислить с точностью до $0^\circ 00' 05''$.

Шаг витков по оси фрезы:

$$P_o = \frac{P}{\cos \tau}.$$

Шаг винтовых стружечных канавок:

$$T = P_o \operatorname{ctg}^2 \tau.$$

Значение шага винтовых стружечных канавок следует округлить до величины, кратной 6 мм.

Угол наклона винтовых стружечных канавок ω (на среднем расчетном диаметре:

$$\omega = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{P_o}{T}}.$$

Угол наклона винтовых стружечных канавок ω вычисляется с точностью до $0^\circ 00' 05''$.

Размеры шпоночного паза $b_{ш}$ и $t_{ш}$ устанавливаются по «Справочнику конструктора-машиностроителя» В.И. Анурьева. Предельные отклонения на ширину паза назначаются по Н7.

Остальные размеры фрезы (фаски, радиусы) определяются конструктивно.

3.3. Выполнение рабочего чертежа фрезы

Чертеж следует выполнять на листе формата А2 (420×594). Чертеж должен содержать следующие виды и разрезы:

1. Главный вид, совмещенный с разрезом.
2. Вид слева.
3. Профиль зуба в нормальном сечении.
4. Профиль шлицевого вала, обрабатываемого данной фрезой, с указанием всех его размеров и предельных отклонений.

Технические требования чертежа должны содержать следующую информацию:

1. Размеры для справок (при наличии таковых).
2. Данные о термообработке.

3. Неуказанные предельные отклонения размеров.
4. Направление витков червяка (обычно выполняется правое).
5. Направление винтовых стружечных канавок (при правом направлении витков червяка – левое).
6. Шаг винтовых стружечных канавок.
7. Неполные витки шириной $(1/2 \div 1/3) S$ (указать в мм) срезать.

Шероховатость различных поверхностей фрезы назначается по рекомендациям табл.3.2 (для чистовых фрез со шлифованным профилем).

Таблица 3.2

Шероховатость поверхностей фрезы червячной шлицевой

Поверхность фрезы	Ra, мкм
Посадочное отверстие	0,4
Торцы буртиков	0,4
Передняя поверхность зубьев	0,4
Задняя поверхность (весь рабочий профиль)	0,4
Остальные поверхности	3,2

На чертеже фрезы должны быть проставлены все необходимые размеры с указанием предельных отклонений в цифро-буквенной и числовой форме (числовое указание приводится в скобках за цифро-буквенным, например $\varnothing 40e8^{(-0,050}_{-0,089})}$).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

4.1. Общие сведения

На практике наиболее часто применяются призматический (рис.4.1, *a*) и круглый (рис. 4.1, *б*) фасонные резцы с базой крепления (отверстие или «ласточкин хвост»), расположенной параллельно оси детали.

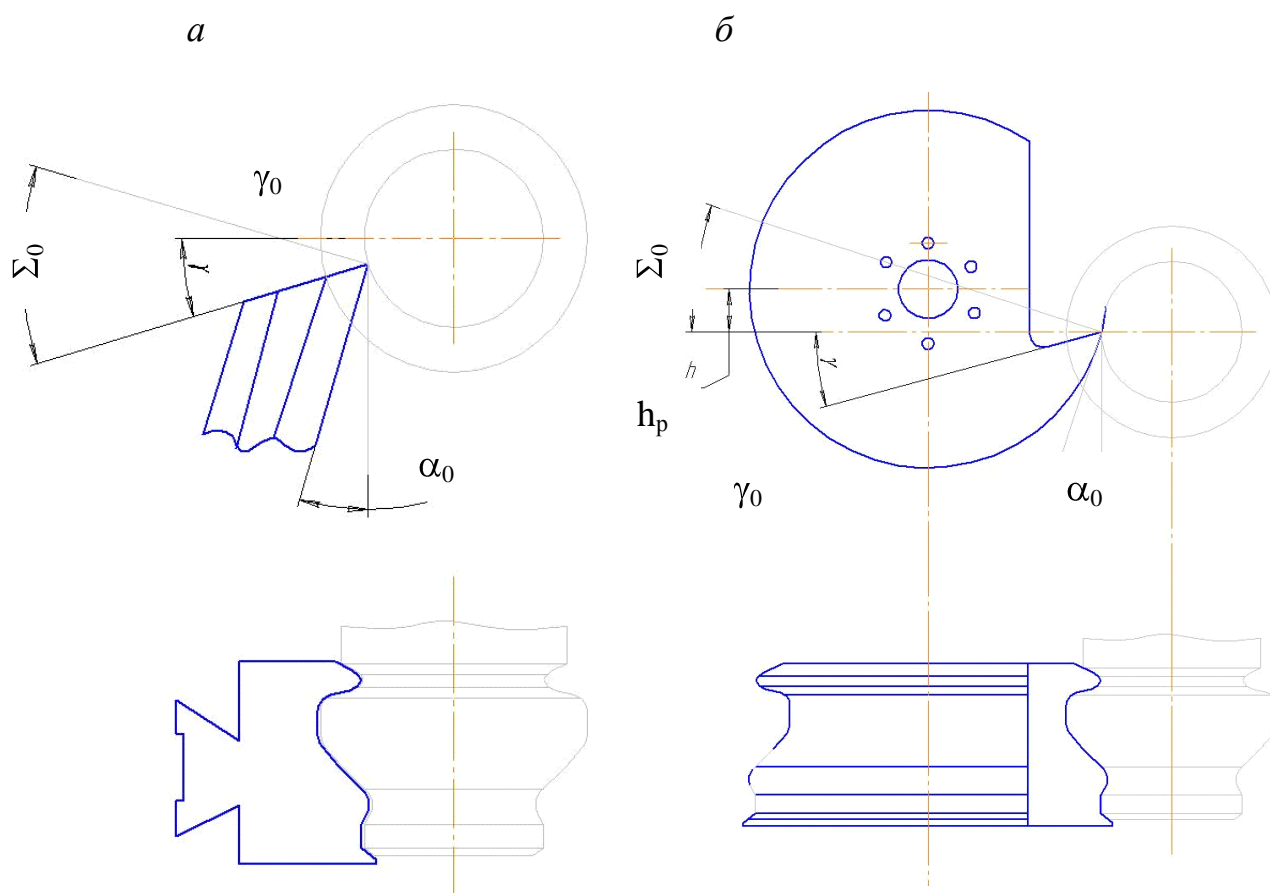


Рис. 4.1. Фасонные резцы:

a – призматический; *б* – круглый

Призматический резец имеет фасонный профиль на всей высоте. Для создания задних углов резец устанавливается наклонно под углом α_0 . Передний угол γ_0 обычно положительный, для чего переднюю поверхность резца выполняют с углом скоса $\Sigma_0 = \alpha_0 + \gamma_0$, град.

Круглый фасонный резец имеет наружную фасонную поверхность вращения и вырез, образующий переднюю поверхность и режущую кромку. Для создания заднего угла α_0 резец устанавливают так, чтобы его ось была выше оси детали на величину h_p . Для создания положительного переднего угла γ_0 переднюю поверхность выполняют под углом Σ_0 к радиусу резца, проведенному к наиболее выступающей точке режущей кромки. Величина угла Σ_0 для круглых фасонных резцов определяется по той же формуле, что и величина этого угла для призматических фасонных резцов.

Для изготовления таких резцов размеры профиля удобно контролировать в нормальном сечении профиля, поэтому на чертежах резцов следует задавать размеры именно этого сечения. Однако из-за наличия положительных заднего и переднего углов профиль детали, обработанной фасонным резцом, отличается от профиля нормального сечения резца. Поэтому основной задачей при проектировании фасонного резца является профилирование, т.е. определение таких размеров профиля резца в нормальном сечении, при которых обрабатываемая деталь будет получаться с заданными чертежом размерами.

4.2. Расчет фасонных резцов

Заданием предусмотрено проектирование призматического или круглого фасонного резца с базой крепления, расположенной параллельно оси дуги. Расчет таких резцов выполняется в следующей последовательности.

1. Исходные данные

Привести все исходные данные в соответствии с заданием, изобразить обрабатываемую деталь в масштабе со всеми размерами и предельными отклонениями.

2. Выполнение расчетной схемы

На отдельном листе пояснительной записки следует выполнить расчетную схему для определения размеров профиля резца (см. пример расчета в разд.4.4), для чего:

1) в верхней части листа начертить в увеличенном масштабе профиль обрабатываемой детали (одну образующую профиля);

2) обозначить все точки профиля, положение которых задано размерами чертежа (узловые точки). Цифрой «0» следует обозначить точку, наиболее близкую к оси детали, а остальные точки обозначить цифрами в порядке возрастания диаметров. Причем, если несколько точек лежат на одном расстоянии от оси, удобно в их обозначении использовать лишь одну цифру (например, 1, 1', 1''). Точки окончания фасок на торцах детали обозначать не нужно;

3) проставить для каждой точки расчетные размеры вдоль оси, которые следует определять как среднее арифметическое между наибольшим и наименьшим предельными значениями соответствующих размеров детали (все размеры проставить от одного базового торца, обычно правого);

4) проставить для каждой i -й точки (или нескольких точек, лежащих на одном расстоянии от оси) расчетные радиусы r_i , равные половинам соответствующих расчетных диаметров:

$$r_i = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{4},$$

где $d_{i\max}$ и $d_{i\min}$ – соответственно наибольший и наименьший предельные диаметры i -й точки, мм;

5) при наличии на профиле детали участка, заданного радиусом (сферическая или торовая поверхность), необходимо вычислить размер вдоль оси от центра радиусного участка до точки окончания радиусного участка. Из двух точек следует выбрать ту, для которой определяемый размер больше (рис. 4.2).

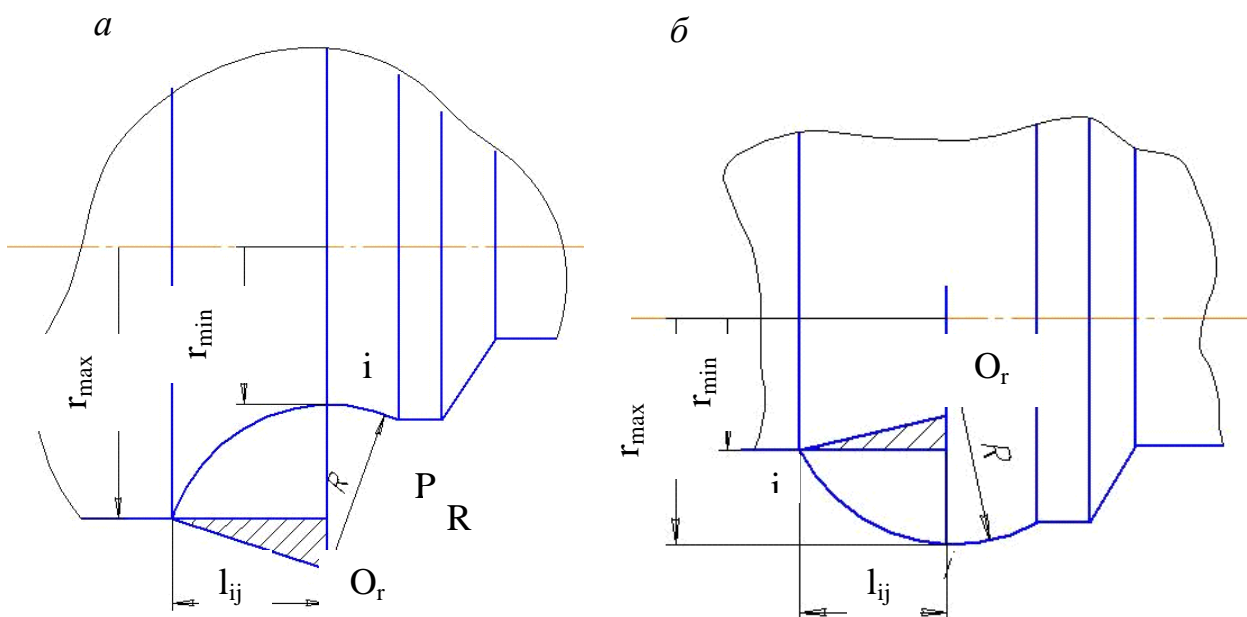


Рис. 4.2. Участки детали со сферической поверхностью:
 а – с внутренним радиусом; б – с наружным радиусом

На рис. 4.2 точка i – точка профиля, лежащая в одном сечении с центром радиуса, а точка j – точка окончания радиусного участка (более удаленная от точки i); r_i и r_j – расчетные радиусы точек i и j ; R – расчетная величина радиуса, равная среднему арифметическому между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями.

Тогда искомый размер l_{ij} (из заштрихованных треугольников) можно определить по формуле

$$l_{ij} = \sqrt{R^2 - (R - |r_i - r_j|)^2}.$$

Вычисленные размеры l_{ij} и R следует проставить в расчетной схеме;

б) в нижней части листа начертить профиль фасонной поверхности резца. Этот профиль следует изобразить как копию фасонной образующей детали (в проекционной связи с последней);

7) оформить правую часть профиля резца (рис. 4.3). Наклонная режущая кромка, обрабатывающая фаску, должна выходить за пределы тор-

ца детали на величину $S_1 = 1$ мм, а заканчивается резец упрочняющей частью шириной $S_2 = 2 \div 3$ мм (рис.4.3, а). При отсутствии фаски на правом торце $S_1 = 0$ (рис. 4.4, б);

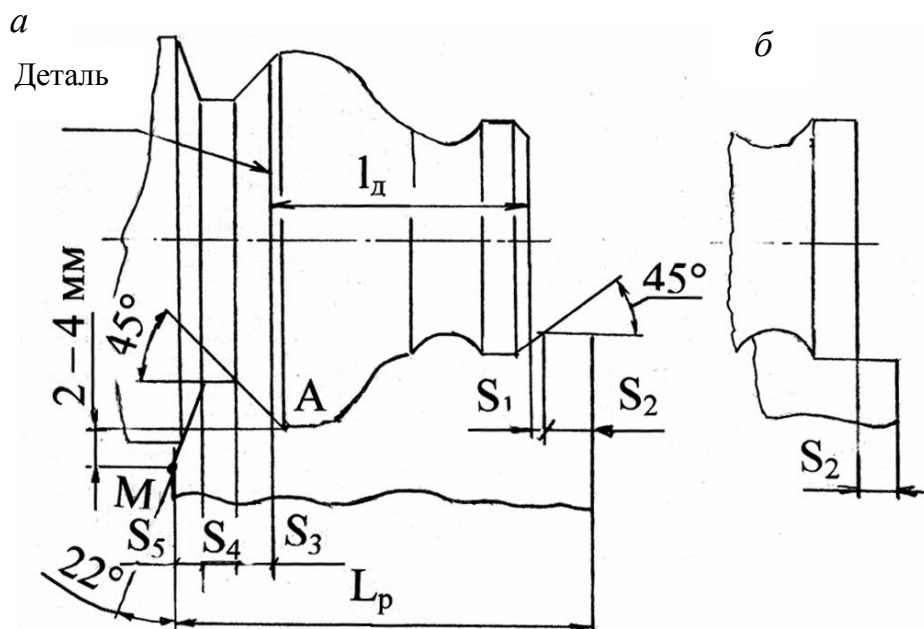


Рис. 4.3. Профиль фасонного резца:

а – с упрочняющей фаской; б – при отсутствии упрочняющей фаски

з) оформить левую часть профиля резца (см. рис.4.4а) Слева резец заканчивается выступающей режущей кромкой шириной $S_4 = 2 \div 3$ мм, предназначенной для надрезания детали. Величина перекрытия наклонной кромки для обработки фаски $S_3 = 1$ мм. Размер S_5 кромки с наклоном 22° определяется графически на схеме (кратно 1 мм) так, чтобы крайняя точка М была на $2 \div 4$ мм глубже самой глубокой точки профиля А;

9) определить и проставить на схеме общую ширину резца (см. рис.4.3). Общая ширина резца рассчитывается по формуле

$$L_p = l_d + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5,$$

где l_d – номинальная длина детали, мм;

10) обозначить точки профиля резца так же, как и соответствующие точки профиля детали;

11) проставить размеры от базовой стороны резца до точек профиля вдоль оси детали. Если на детали такие размеры проставлены от правого торца, то на резце их следует также проставлять от правой стороны резца. В этом случае размеры резца больше соответствующих расчетных размеров детали на величину $S_1 + S_2$.

3. Определение основных размеров резца

Размеры призматических фасонных резцов (рис. 4.4) определяются в зависимости от ширины резца L_p (табл.4.1).

Размеры круглых фасонных резцов (рис. 4.5) выбираются в зависимости от максимальной глубины профиля резца T_{\max} (табл.4.2).

Максимальную глубину профиля T_{\max} на данном этапе расчета можно приблизительно определить из расчетной схемы.

4. Выбор величины переднего угла γ_0 в наиболее выступающей точке режущей кромки

Угол γ_0 в наиболее выступающей точке режущей кромки выбирается в зависимости от материала детали (табл.4.3). Общепринятым является выбор величины угла γ_0 из стандартного ряда: 5, 6, 10, 12, 15, 20, 25°.

Выбранный угол γ_0 проверяют по условию:

$$\gamma_0 \leq 10 \frac{r_{\max}}{T_{\max}},$$

где r_{\max} – наибольший обрабатываемый радиус детали, мм; T_{\max} – наибольшая глубина профиля резца, мм.

При несоблюдении данного условия нужно выбрать меньшую величину угла γ_0 .

Таблица 4.1

Размеры призматических фасонных резцов, мм

L_p	С не менее	В	а	h	е	Длина резца, А
До 30	10	15,4	23	7,5	10	75
Св. 30 до 45	12	24,4	39	14	15	60
Св. 45 до 60	16	31,4	46	14	20	85
Св. 60 до 60	20	41,4	56	14	25	95
Св. 80 до 100	25	54,4	72	17	30	105

Примечание. Предельные отклонения размеров b по h9, h по h9.

Таблица 4.2

Размеры круглых фасонных резцов, мм

T_{max}	D	d	d_1	b	r	$D_1 \pm 0,1$	d_2
До 6	50	12	13	$D - T_{max} - 3$	1	26	5
Св. 6 до 8	60	16	17		2	34	5
Св. 8 до 11	75	22	23	$D - T_{max} - 4$	2	42	5
Св. 11 до 14	90	22			2	45	6
Св. 14 до 18	100	27	28	$D - T_{max} - 5$	2	52	8
Св. 18 до 25	120	—	—		3	55	8

Примечания.

1. Предельные отклонения размеров D по h7, d по h6, d_2 по H9.

2. Размер а определить по формуле $a = \frac{L_p}{3}$ (округлить до целого)

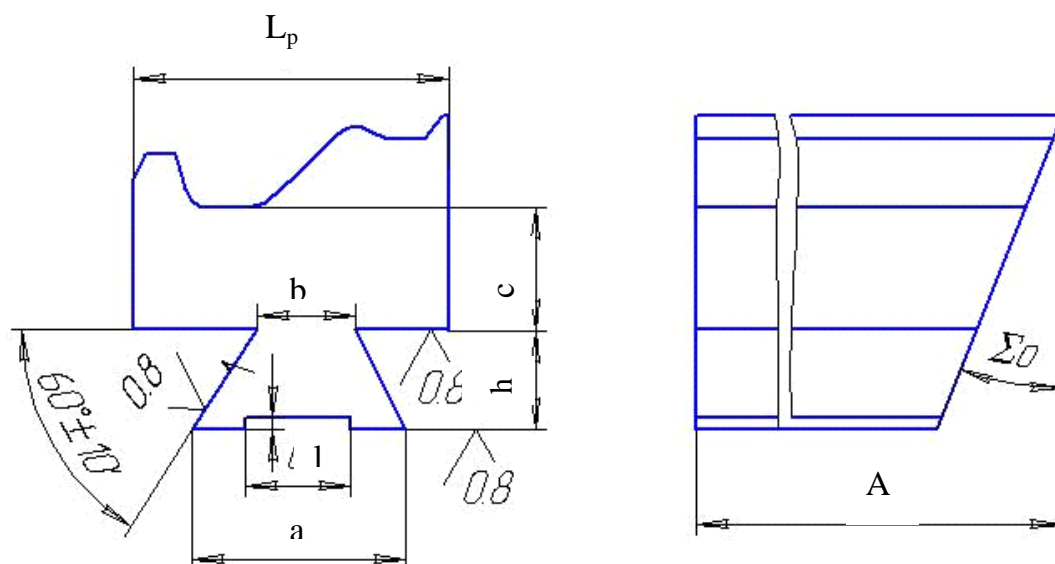


Рис. 4.4 Основные размеры призматических фасонных резцов:

L_p – ширина резца (длина режущей кромки); b – ширина перемычки; h – высота присоединительного элемента типа «ласточкин хвост»; a – ширина основания присоединительного элемента; l – ширина канавки; c – толщина тела резца;

A – общая высота резца; Σ_0 – угол наклона передней поверхности

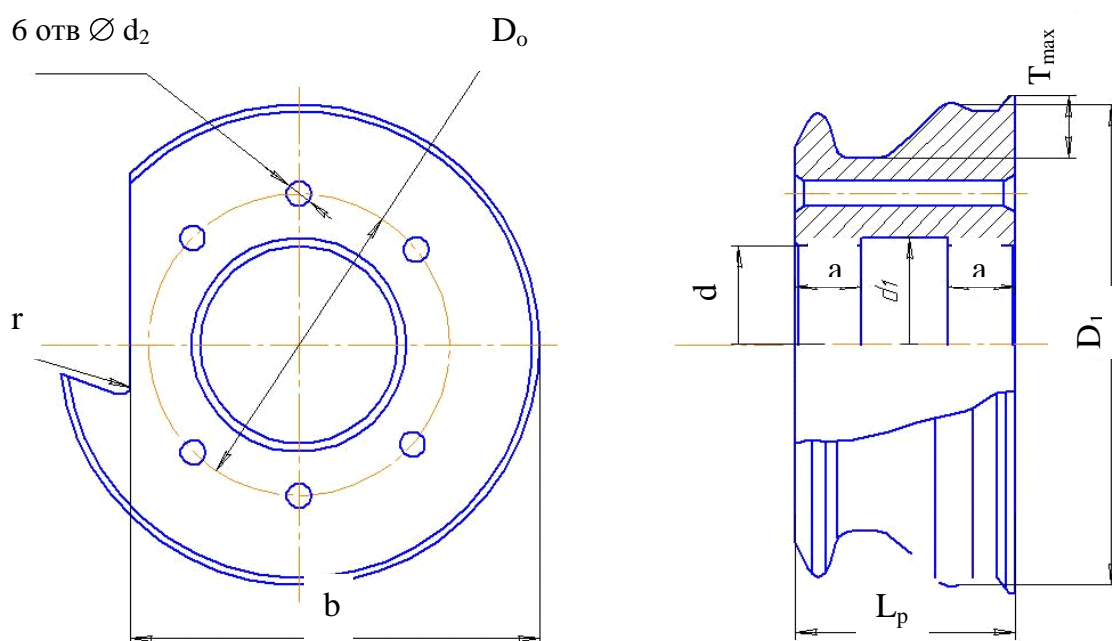


Рис. 4.5 Основные размеры круглых фасонных резцов:

T_{\max} – максимальная глубина профиля; L_p – ширина резца (длина режущей кромки); d – диаметр посадочного отверстия; a – ширина посадочной поверхности; d_1 – диаметр расточки; D_1 – диаметр резца; b – размер; r – переходный радиус;

D_0 – диаметр центров отверстий.

Таблица 4.3

Величина переднего угла γ_0

Материал детали		γ_0 , град
Марка	σ_B , Н/мм ²	
Медь, алюминий	—	20 – 25
Сталь	До 500	20 – 25
	Св. 500 до 800	15 – 20
	Св. 800	10 – 15
Бронза, латунь	—	5
Чугун	—	8 – 12

5. Выбор величины заднего угла α_0 в наиболее выступающей точке режущей кромки

Угол α_0 в наиболее выступающей точке режущей кромки в большинстве случаев принимается 8° либо 10° . После определения величины α_0 необходимо проверить величины боковых задних углов в нормальном сечении режущей кромки α_N , которые должны быть не менее 3° .

Угол α_N можно определить по формулам:

- для призматического фасонного резца:

$$\operatorname{tg} \alpha_{iN} \approx \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \sin \varphi_i;$$

- для круглого фасонного резца:

$$\operatorname{tg} \alpha_{iN} \approx \frac{D}{D - 2T_i} \cdot \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \sin \varphi_i,$$

где T_i – глубина профиля круглого резца в точке i (на данном этапе расчета ее можно определить измерением на расчетной схеме с учетом масштаба), мм; φ_i – угол между касательной к профилю в данной точке и направлением подачи, которая перпендикулярна оси детали (рис. 4.6).

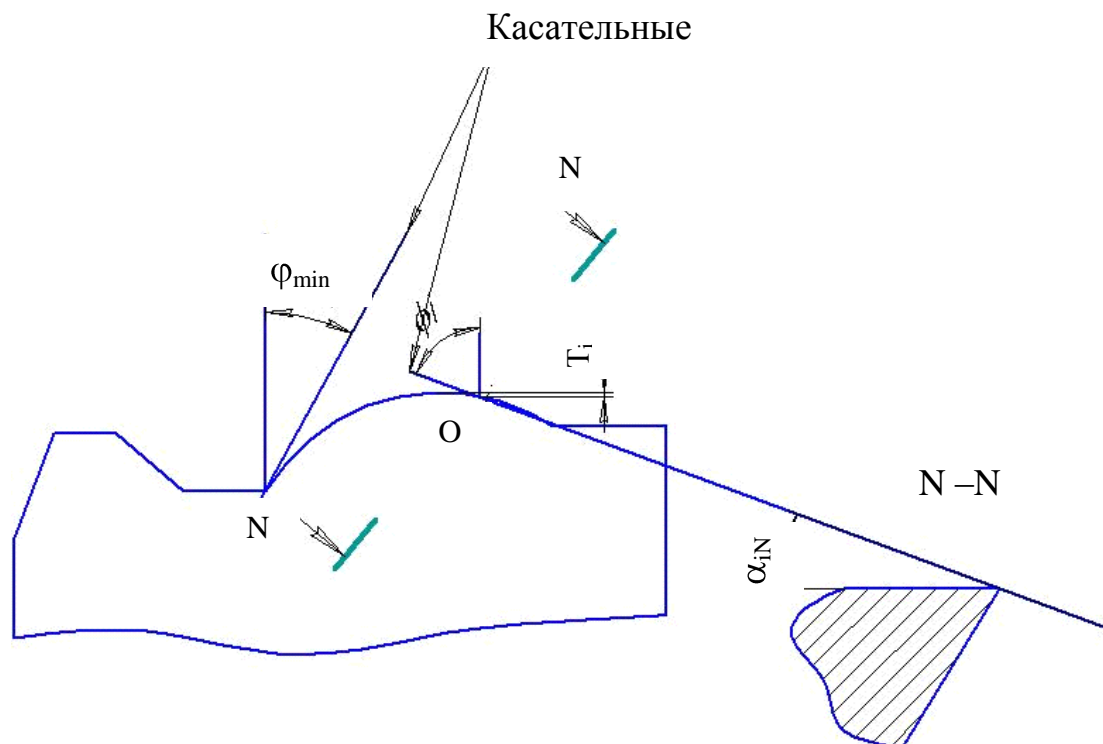


Рис. 4.6. Схема к определению угла φ_i

Из формул видно, что чем меньше угол φ в данной точке, тем меньше угол α_N . Поэтому на расчетной схеме следует найти точку профиля, где угол φ минимальный, определить величину угла φ_{\min} в этой точке (можно измерением) и по одной из приведенных выше формул вычислить величину угла α_N . Если величина угла $\alpha_{N\min} < 3^\circ$, то ее нужно увеличить путем увеличения угла α_0 (но не более 15°).

6. Определение угла скоса передней поверхности

Угол скоса передней поверхности (см. рис. 4.4, 4.5) круглого и призматического фасонных резцов рассчитывается по формуле

$$\Sigma_0 = \alpha_0 + \gamma_0.$$

Для круглого резца величина h_p превышения оси резца над осью детали вычисляется по формуле

$$h_p = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha_0.$$

7. Коррекционный расчет профиля резца

Коррекционный расчет профиля заключается в определении величин T_i глубины профиля в нормальном сечении для каждой узловой точки профиля. Нормальная секущая плоскость у призматического резца перпендикулярна образующим призмы; у круглого – проходит через ось резца.

На чертеже резца размеры T_i задаются как расстояния по перпендикуляру к базе крепления от наивысшей (наиболее удаленной от базы крепления) точки профиля до остальных узловых точек профиля (рис.4.7).

Для определения величины T_i рассмотрим схемы обработки призматическим резцом участка профиля детали с точками i и 0 (радиусы соответственно r_i и r_0).

Для призматического фасонного резца (рис.4.8) величина T_i определяется в зависимости от заданных размеров r_0 и r_i детали и от выбранных параметров $\alpha_0, \gamma_0, \Sigma_0$ резца.

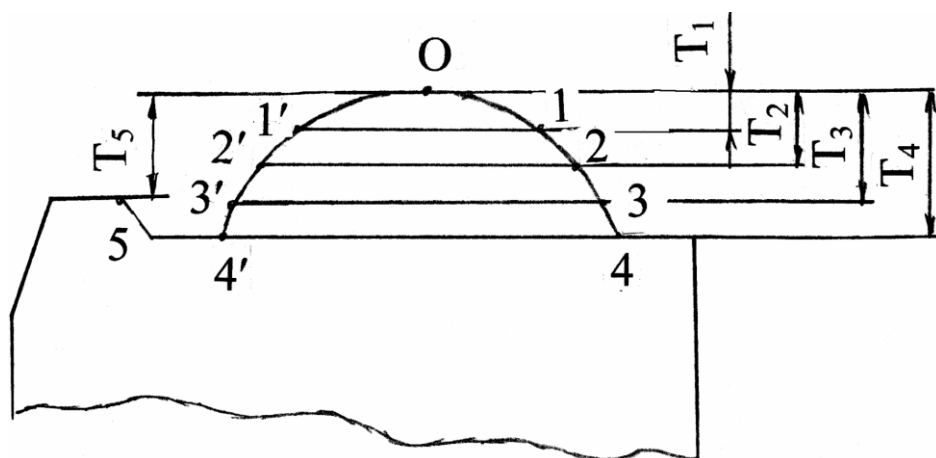
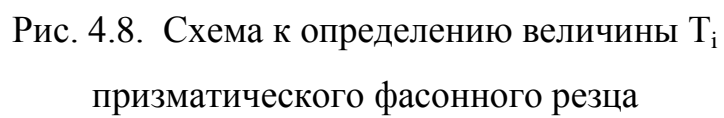


Рис. 4.7 Определение глубин профиля


$$\mathbf{y}_i = \mathbf{B}_i - \mathbf{r}_0. \quad (4.4)$$

Из треугольника iKO:

$$\tau_i = \frac{y_i}{\cos \gamma_0}. \quad (4.5)$$

Из треугольника iOP:

$$T_i = \tau_i \cos \Sigma_0. \quad (4.6)$$

Совместив формулы (4.3) – (4.6) и исключив промежуточные величины B_i , y_i , τ_i , а также введя новую промежуточную величину $K = \frac{\cos \Sigma_0}{\cos \gamma_0}$, получим удобный для использования алгоритм вычисления T_i для призматического фасонного резца:

$$A_0 = r_0 \sin \gamma_0, \quad (4.7)$$

$$K = \frac{\cos \Sigma_0}{\cos \gamma_0}, \quad (4.8)$$

$$\gamma_i = \arcsin \frac{A_0}{r_i}, \quad (4.9)$$

$$T_i = [r_i \cos (\gamma_0 - \gamma_i) - r_0] K. \quad (4.10)$$

Расчеты по формулам (4.7) и (4.8) выполняются один раз для всех точек резца, а по формулам (4.9) и (4.10) – для каждого значения r_i всех узловых точек.

Найденные значения T_i следует свести в таблицу (см. разд. 4.4) и проставить на расчетной схеме.

Для коррекционного расчета круглого фасонного резца необходимо определить радиус наивысшей точки профиля резца по формуле

$$R_0 = \frac{D}{2},$$

где D – наружный диаметр резца, мм.

Величину T_i определим из схемы (рис. 4.9) в зависимости от заданных размеров r_0 и r_i детали и выбранных параметров α_0 , γ_0 , Σ_0 и R_0 резца.

Рассмотрим треугольник $ОМО_d$.

Из треугольника $ОМО_d$:

$$A_0 = r_0 \sin \gamma_0. \quad (4.11)$$

Из треугольника $iМО_d$:

$$\gamma_i = \arcsin \frac{A_0}{r_i}. \quad (4.12)$$

Из треугольника $iКО_d$:

$$B_i = r_i \cos (\gamma_0 - \gamma_i), \quad (4.13)$$

$$y_i = B_i - r_0. \quad (4.14)$$

Из треугольника $iКО$:

$$\tau_i = \frac{y_i}{\cos \gamma_0}. \quad (4.15)$$

Из треугольника $ОО_pP$:

$$W_0 = R_0 \cos \Sigma_0, \quad (4.16)$$

$$H_0 = R_0 \sin \Sigma_0, \quad (4.17)$$

$$Q_i = W_0 - \tau_i. \quad (4.18)$$

Из треугольника $ОО_pP$:

$$R_i = \sqrt{H_0^2 + Q_i^2}, \quad (4.19)$$

$$T_i = R_0 - R_i. \quad (4.20)$$

Совместив формулы (4.13) – (4.16), а также формулы (4.18) – (4.10), исключив при этом промежуточные величины B_i , y_i , R_i и Q_i , получим удобный для использования алгоритм вычисления T_i для круглого фасонного резца:

$$A_0 = r_0 \sin \gamma_0, \quad (4.21)$$

$$H_0 = R_0 \sin \Sigma_0, \quad (4.22)$$

$$W_0 = R_0 \cos \Sigma_0, \quad (4.23)$$

$$\gamma_i = \arcsin \frac{A_0}{r_i}, \quad (4.24)$$

$$\tau_i = \frac{r_i \cdot \cos(\gamma_0 - \gamma_i) - r_0}{\cos \gamma_0}, \quad (4.25)$$

$$T_i = R_0 - \sqrt{H_0^2 + (W_0 - \tau_i)^2}, \quad (4.26)$$

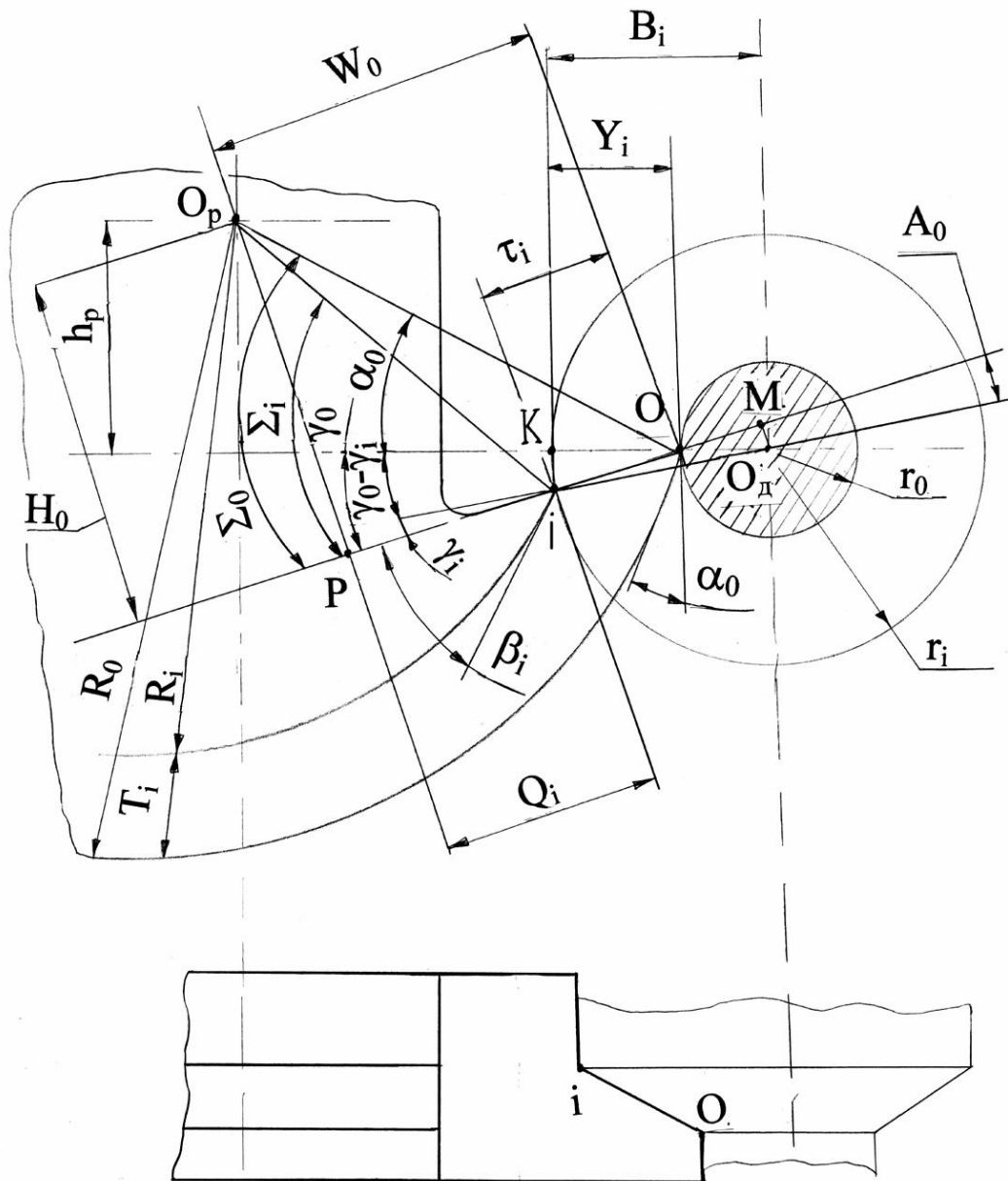


Рис. 4.9. Схема к определению величины T_i
круглого фасонного резца

Расчеты по формулам (4.21) – (4.23) выполняются один раз для всех точек резца, а вычисления по формулам (4.24) – (4.26) – для каждого значения r_i всех узловых точек.

Для одной точки с максимальным радиусом r_i необходимо проверить угол заострения β_i , вычислив его по формуле

$$\beta_i = 90^\circ - \arctg \frac{H_0}{W_0 - \tau_i}.$$

В точке с максимальным радиусом r_i угол β_i должен быть минимальным. Минимально допустимыми значениями углов β_i являются следующие:

- при обработке меди, алюминия угол $\beta_{\min} = 40^\circ$
- при обработке стали, чугуна, бронзы угол $\beta_{\min} = 50 \div 55^\circ$

Вычисленные значения T_i следует свести в таблицу (см. табл. 4.4) и проставить на расчетной схеме.

Примечание. Расчет профиля фасонного резца рекомендуется выполнять с использованием компьютерной программы. Дискету с программой расчета можно получить у лаборанта кафедры «Технологии машиностроения и методики профессионального обучения».

Расчет выполняется по следующему алгоритму:

1. Рассчитать значения r_i и R_{\max} , которые являются исходными данными для расчета профиля резца, и определить по расчетной схеме значение T_{\max} .
2. Установить дискету на персональный компьютер и открыть программу расчета.
3. Выполнить расчет в соответствии с указаниями, приведенными в программе.
4. Полученные в результате расчета на компьютере значения T_i перенести с экрана монитора в пояснительную записку.
5. Распечатать на принтере результаты расчета и приложить их к пояснительной записке.

9. Графическое профилирование фасонного резца

Графическое профилирование позволяет определить величины T_i с меньшей точностью, чем аналитическое, однако оно необходимо с целью проверки результатов аналитического профилирования. Достоинством этого метода является также его наглядность, что позволяет лучше понять причины искажения профиля фасонного резца. Построение выполняется на листе формата А3 (297×420) в масштабе 5:1 или 10:1 в следующей последовательности:

1) в правой части листа провести дуги концентрических окружностей с радиусами r_0 и r_i нулевой и опорных точек профиля детали. Дуги наименьшего радиуса r_0 и наибольшего радиуса проводятся основными линиями, остальные дуги – тонкими линиями. Центр этих окружностей может лежать за пределами поля чертежа (справа). Это изображение части детали (в поперечном сечении) следует завершить линией обрыва и штриховкой внутри наименьшей окружности (радиус r_0);

2) слева от изображения детали основными линиями изобразить режущую часть резца с соблюдением размеров α_0 , γ_0 , а также размеров R_0 и h_p для круглого резца. Центр круглого резца может лежать за пределами поля чертежа;

3) из точек пересечения передней поверхности резца и окружностей детали провести тонкие линии, обозначающие глубины профиля резца:

- для призматического – прямые с наклоном под углом α_0 ;
- для круглого – дуги концентрических окружностей;

4) обозначить нулевую и узловые точки профиля резца: 0, 1, 2, 3 и т.д.;

5) проставить размеры: r_0 , r_i (r_1 , r_2 , и т.д.), R_0 (для круглого резца), h_0 (для круглого резца), α_0 , γ_0 , Σ_0 , β_{\min} (для одной, самой левой, точки круглого резца);

б) определить величины T_i (T_1, T_2 и т.д.) и величину β_{\min} (для одной, самой левой, точки круглого резца) измерением с учетом масштаба и про-
ставить эти размеры на схеме.

В пояснительной записке привести таблицу значений T_i , полученных этим методом. В таблице указать также величины ΔT_i погрешностей, равных разностям величин T_i , полученных разными методами. При правильном аналитическом и графическом профилировании эти разности должны быть не более 0,4 мм.

10. Определение радиуса участка профиля резца

При наличии на детали участка профиля, заданного радиусом, определяется радиус участка профиля резца, обрабатывающего участок профиля детали, заданный радиусом (рис. 4.10).

При геометрически точном профилировании такой участок резца должен быть оформлен не по дуге окружности, а по сложной кривой. Однако замена такого участка дугой окружности в большинстве случаев обеспечивает требуемую точность детали.

Решив треугольник, который заштрихован на обоих рисунках, получим:

$$R_p = \frac{l_{ij} + (T_i - T_j)^2}{2|T_i - T_j|},$$

где R_p – искомый радиус участка профиля (центр радиусного участка имеет ту же продольную координату l_i), мм; j – точка окончания радиусного участка (более удаленная от точки i); l_{ij} – расстояние вдоль оси детали между точками i и j , которое равно соответствующему расчетному размеру детали и вычислено при составлении расчетной схемы (см. п. 2д); T_i и T_j – глубины профиля резца в точках i и j (если одна из этих точек является нулевой, то в этой точке $T = 0$).

Вычисленный радиус R_p следует указать на расчетной схеме.

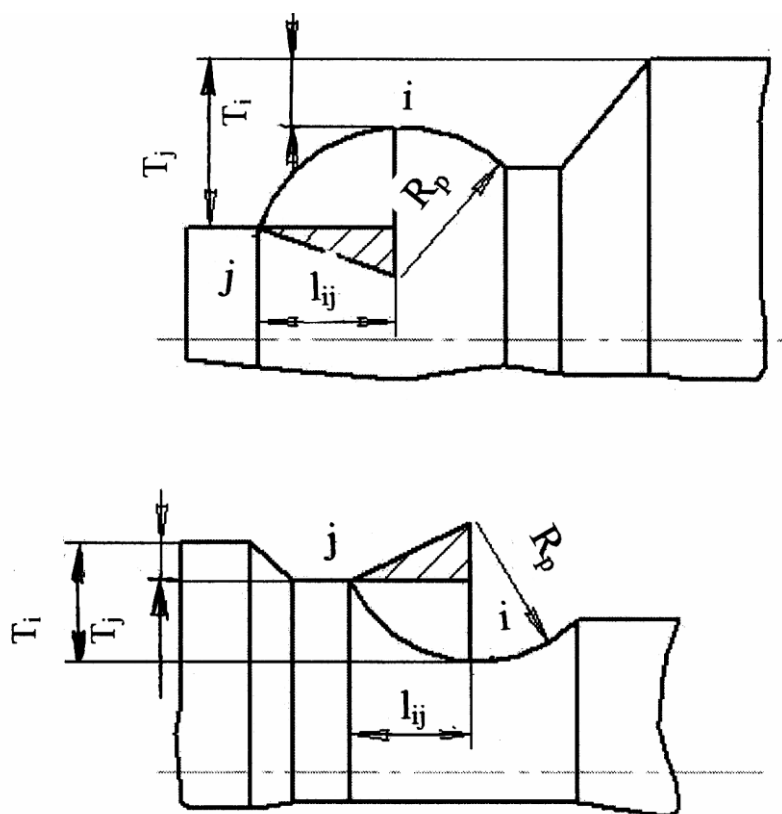


Рис. 4.10. Участки профиля резца, заданные радиусом

11. Определение предельных отклонений размеров профиля резца

Предельные отклонения глубин профиля $\pm Td_i/10$, где Td_i – допуск соответствующего диаметра детали.

Предельные отклонения продольных размеров $\pm Tl_i/5$, где Tl_i – допуск соответствующего продольного размера детали.

Предельные отклонения радиуса R_p радиусного участка $\pm TR_i/5$, где TR_i – допуск соответствующего радиуса детали.

4.3. Пример расчета фасонного резца

1. Исходные данные

Спроектировать круглый фасонный резец для обработки детали, (рис. 4.11). Материал детали – сталь $\sigma_b = 690 \text{ Н/мм}^2$.

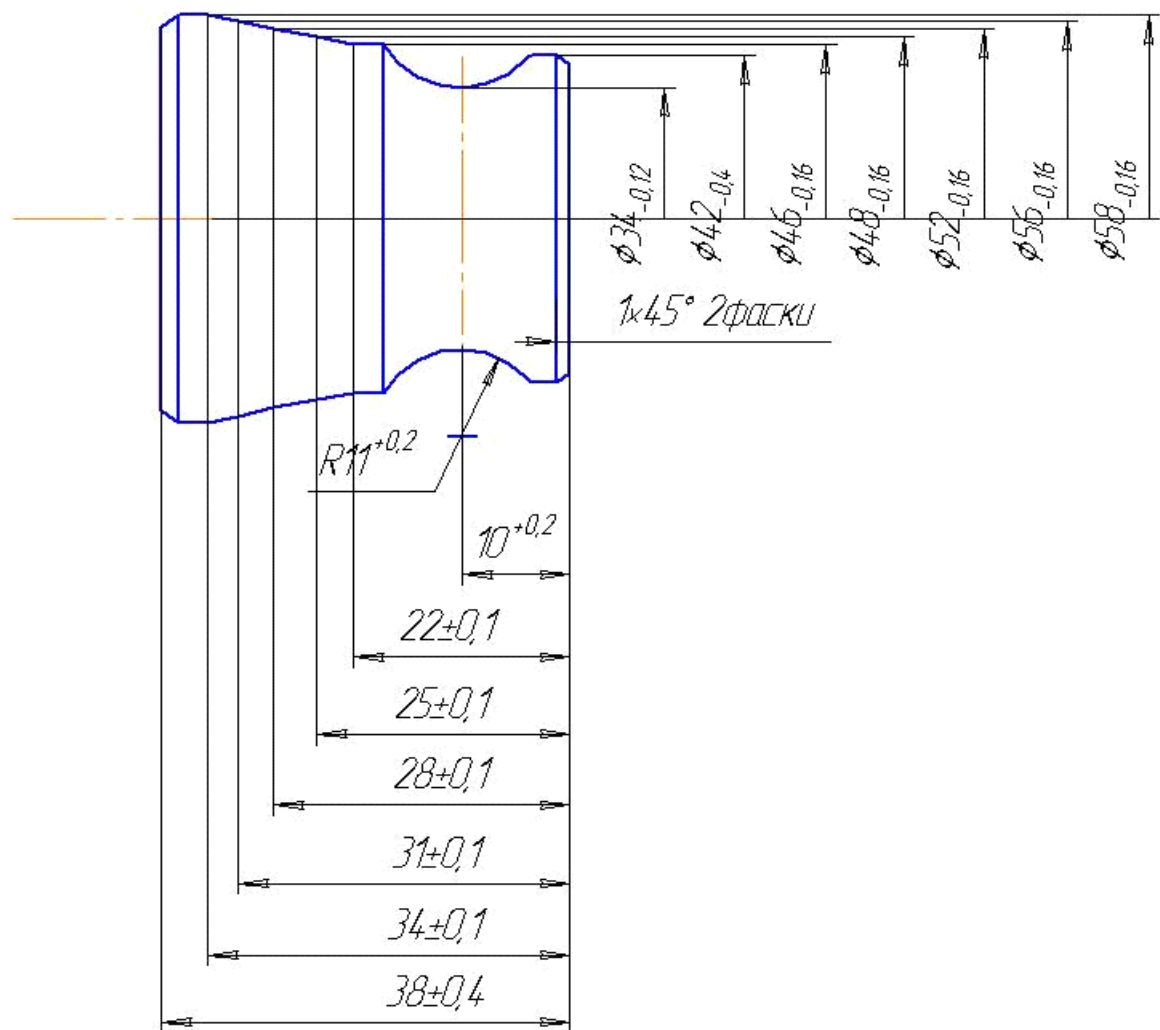


Рис.4.12. Деталь, обрабатываемая фасонным резцом

2. Расчетная схема размеров профиля резца

Расчетная схема резца приведена на рис. 4.12.

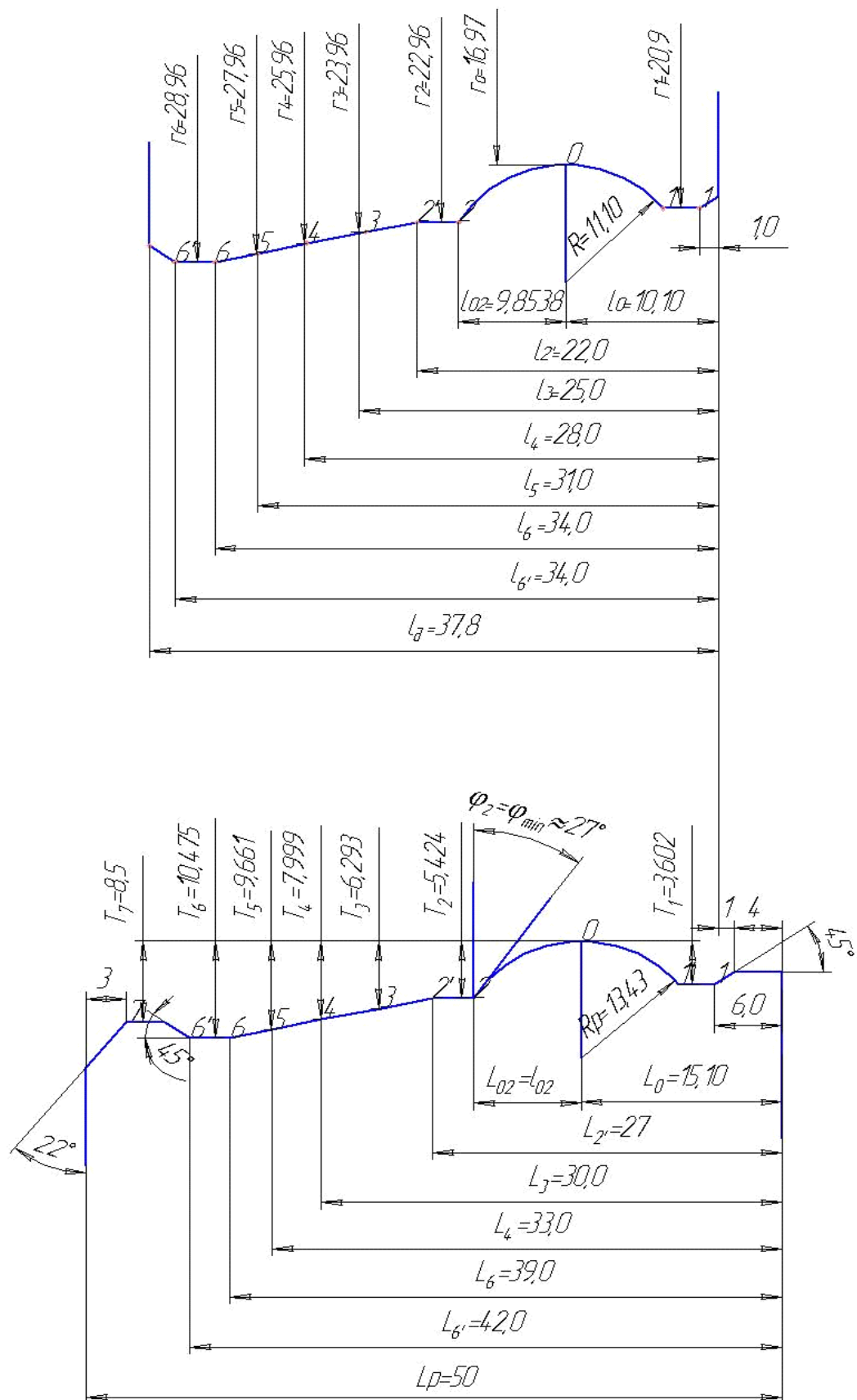


Рис. 4.13. Расчетная схема фасонного резца

Определим расчетные размеры детали l_i , r_i , R .

$$l_0 = \frac{10 + 10,2}{2} = 10,1 \text{ мм};$$

$$l_1 = 1 \text{ мм (размер фаски);}$$

$$l_2 = \frac{21,9 + 22,1}{2} = 22,0 \text{ мм};$$

$$l_3 = \frac{24,9 + 25,1}{2} = 25,0 \text{ мм};$$

$$l_4 = \frac{27,9 + 28,1}{2} = 28,0 \text{ мм};$$

$$l_5 = \frac{30,9 + 31,1}{2} = 31,0 \text{ мм};$$

$$l_6 = \frac{33,9 + 34,1}{2} = 34,0 \text{ мм};$$

$$l_6 = \frac{37,6 + 38,4}{2} - 1 = 37,0 \text{ мм (с учетом фаски);}$$

$$r_0 = \frac{33,88 + 34,00}{4} = 16,97 \text{ мм};$$

$$r_1 = \frac{41,60 + 42,00}{4} = 20,90 \text{ мм};$$

$$r_2 = \frac{45,84 + 46,00}{4} = 22,96 \text{ мм};$$

$$r_3 = \frac{47,84 + 48,00}{4} = 23,96 \text{ мм};$$

$$r_4 = \frac{51,84 + 52,00}{4} = 25,96 \text{ мм};$$

$$r_5 = \frac{55,84 + 56,00}{4} = 27,96 \text{ мм};$$

$$r_6 = \frac{57,84 + 58,00}{4} = 28,96 \text{ мм};$$

$$R = \frac{11,0 + 11,2}{2} = 11,1 \text{ мм};$$

$$l_{02} = \sqrt{R^2 - (r_2 - r_0)^2} = \sqrt{11,1^2 - (22,96 - 16,97)^2} = 9,8538 \text{ мм}.$$

Дополнительные режущие кромки:

- справа $S_1 = 1$ мм, $S_2 = 4$ мм;
- слева $S_3 = 1$ мм, $S_4 = 3$ мм, $S_5 = 3$ мм.

Общая ширина резца рассчитывается по формуле

$$L_p = l_d + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 38 + 1 + 4 + 1 + 3 + 3 = 50 \text{ мм.}$$

Продольные размеры от базовой стороны до точки профиля резца определяем путем увеличения соответствующих расчетных размеров детали на 5 мм ($S_1 + S_2$).

3. Основные размеры резца

Максимальную глубину профиля резца определим предварительно из схемы, приведенной на рис.4.13. $T_6 = 10,47$ мм.

Далее по табл. 4.2 находим:

$$D = 90h7; d = 22H6; d_1 = 23 \text{ мм;}$$

$$b = D - T_6 - 4 = 90 - 12 - 4 = 74 \text{ мм;}$$

$$R = 2 \text{ мм;}$$

$$D_1 = 45 \pm 0,1 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 6H9.$$

4. Определение величины переднего угла

Передний угол γ_0 в наиболее выступающей точке кромки выбирается равным 20° (из табл.4.3).

$$\text{Проверка: } \gamma \leq 10 \cdot \frac{r_{\max}}{T_{\max}} = 10 \cdot \frac{28,96}{12} = 24 - \text{условие выполнено}$$

5. Определение величины заднего угла

Задний угол α_0 в наиболее выступающей точке режущей кромки выбирается равным 8° .

Проверим величину бокового заднего угла α_N в точке 2, где угол ϕ наименьший:

$$\operatorname{tg} \alpha_{2N} \approx \frac{D}{D - 2T_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \sin \varphi_2,$$

$T_2 = 6,29$ мм; $\varphi_2 = 27^\circ$ – определяем из схемы.

$$\text{Следовательно } \alpha_{2N} \approx \arctg\left(\frac{90}{90 - 2 \cdot 6,29} \cdot \operatorname{tg} 8^\circ \cdot \sin 27^\circ\right) = 4,2^\circ,$$

что удовлетворяет условию $\alpha_N \geq 3^\circ$

6. Угол скоса передней поверхности

$$\Sigma_0 = \alpha_0 + \gamma_0 = 8 + 20 = 28^\circ$$

Величина превышения оси резца над осью детали составляет

$$h_p = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha_0 = \frac{90}{2} \cdot \sin 8^\circ = 6,3 \text{ мм.}$$

7. Коррекционный расчет профиля резца

Коррекционный расчет профиля резца выполняем на компьютере по программе в электронных таблицах Excel.

Общие исходные данные: $\alpha_0 = 8^\circ$; $\gamma_0 = 20^\circ$; $r_0 = 16,97$ мм; $R_0 = 0,5D = 45$ мм.

В результате расчетов получаем следующие значения (табл.4.4)

Таблица 4.4

Расчетные значения r_i и T_i

Точки	1,1'	2,2'	3	4	5	6,6'
r_i , мм	20,9	22,96	23,96	25,96	27,96	28,96
T_i , мм	3,602	5,424	6,293	7,999	9,661	10,475

Наименьший угол заострения в точках 6,6' $\beta_{\min} = 52,3^\circ$, что допустимо при обработке стали.

8. Графическое профилирование фасонного резца

Результаты графического профилирования сводим в таблицу (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Результаты графического профилирования

Точки	1,1'	2,2'	3	4	5	6,6'
T _i , мм	3,8	5,6	6,2	7,8	9,5	10,5
ΔT _i , мм	0,198	0,176	0,093	0,199	0,161	0,025

9. Радиус участка профиля резца

$$R_p = \frac{l_{02}^2 + (T_2 - T_0)^2}{2|T_2 - T_0|} = \frac{9,853^2 + (4,304 - 0)^2}{2|4,304 - 0|} = 13,43 \text{ мм.}$$

10. Предельные отклонения размеров профиля резца

Принимаем предельные отклонения продольных размеров профиля резца $\pm 0,04$ мм; глубин профиля резца $\pm 0,012$ мм; радиуса R_p $\pm 0,04$ мм.

4.4. Выполнение рабочего чертежа фасонного резца

Для выполнения чертежа лист формата А2 (420×594) следует расчертить на два формата А3 (297×420). На верхнем формате выполняется графическое профилирование резца (основная надпись заполняется по ЕСКД); на нижнем – выполняется чертеж фасонного резца.

Призматический фасонный резец выполняется с приваренной режущей пластиной из быстрорежущей стали. Корпус резца изготавливается из конструкционной стали 40Х. Таким образом, сборочный чертеж призматического фасонного резца должен содержать:

1. Главный вид – вид на боковую грань вертикально расположенного резца («ласточкин хвост» – слева). На главном виде проставляются габаритная высота резца, угол Σ_0 , а также размеры М и К (рис. 4.13).

Размер К выбирается в пределах от 10 до 15 мм. Размер М определяется по формуле

$$M = 0,5C + T_{\max},$$

где С – расстояние от задней опорной поверхности резца до точки с максимальной глубиной профиля, мм (см. табл. 4.1); T_{\max} – максимальная глубина профиля резца, мм. Размер М округляется до ближайшего целого числа.

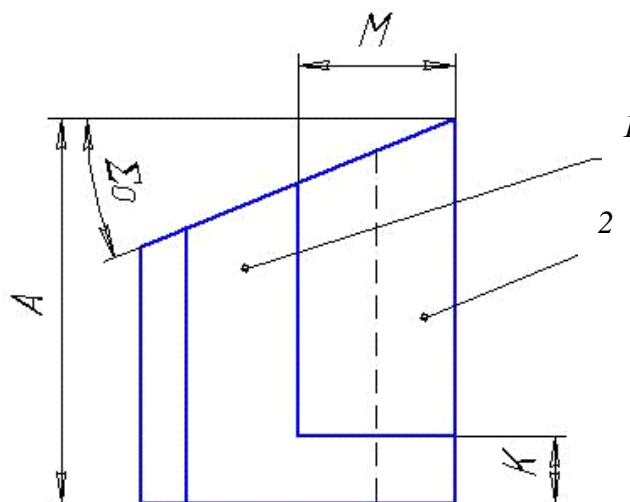


Рис. 4.13. Главный вид призматического фасонного резца:

1 – тело резца с хвостовиком типа «ласточкин хвост» ; 2 – режущая часть

На главном виде проставляются также позиции сборочного чертежа и обозначение соединения деталей сваркой.

2. Увеличенный и повернутый вид сверху, который следует расположить в правой части формата, повернув изображение на 90° («ласточкин хвост» – внизу). Здесь проставляются все размеры профиля резца, габаритные размеры и размеры крепления «ласточкин хвост».

На этот чертеж составляется спецификация, которая помещается в пояснительной записке. На детали чертежи не выполняются, поэтому в графе «Формат» следует записать «БЧ» (без чертежа), а в графе «Примечание» проставить марку материала каждой детали.

Круглый фасонный резец изготавливается цельным из быстрорежущей стали. Чертеж круглого резца должен содержать:

1. Главный вид – вид на торец резца при горизонтальном расположении передней поверхности (рис.4.14). Угол скоса передней поверхности Σ_0 не указывается.

Кроме основных размеров резца, указывается размер $H_0 = R_0 \cdot \sin \Sigma_0$ (округлить кратно 0,1; предельные отклонения $\pm 0,1$ мм);

2. Вид сверху, совмещенный с разрезом. Указываются все остальные размеры, кроме размеров профиля.

3. Профиль резца в увеличенном масштабе со всеми размерами профиля.

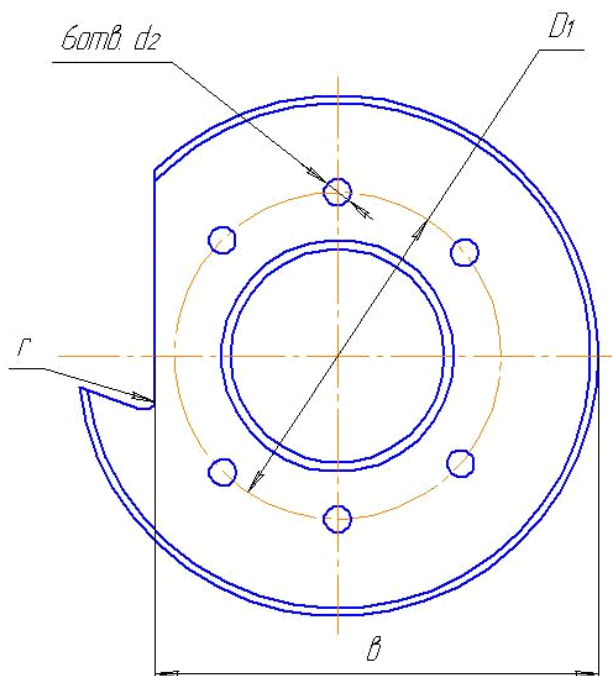


Рис. 4.14. Главный вид круглого фасонного резца

Материал резца (или режущей части резца) выбирается в зависимости от материала обрабатываемой детали: для обработки стали – Р6М5, Р12; для обработки чугуна, бронзы, латуни, меди – Р6М5; для обработки алюминиевых сплавов – Р6М5, ХВГ, 9ХС.

Призматические резцы из легированных инструментальных сталей ХВГ, 9ХС (при обработке алюминия) следует изготавливать цельными.

Твердость режущей части фасонного резца (у круглого – всего резца) HRC 62...65. При изготовлении призматического резца сборным твердость корпуса резца HRC 38...42.

Шероховатость поверхности резца выбирается по табл.4.6.

Таблица 4.6

Шероховатость поверхностей фасонных резцов

Поверхности резца	Ra, мкм
Передняя поверхность	0,4
Задние поверхности (по профилю)	0,8
Базовое отверстие (круглого резца)	0,8
Торцы (круглого резца)	0,8
Базовые поверхности призматического резца	0,8
Остальные поверхности	3,2

Маркировка резца выполняется на боковой стороне (торце). В маркировке указываются: номер чертежа, углы α_0 , γ_0 . На призматическом резце маркируется угол Σ_0 . На круглом резце – h_p , H_0 .

Технические требования должны содержать следующую информацию:

1. Данные о термообработке (твердость) (у сборного призматического резца указывается твердость обеих деталей).
2. Неуказанные предельные отклонения размеров.
3. Маркировка.

Заключение

Проектирование металлорежущих инструментов является одним из ведущих направлений деятельности технолога-машиностроителя, которое невозможно без знания основных конструктивных элементов и геометрических параметров инструментов и способов их расчета.

Владение умениями проектирования и расчета конструктивных и геометрических параметров металлорежущих инструментов позволит будущему специалисту-технологу в короткие сроки адаптироваться к профессиональной деятельности в реальных производственных условиях и обеспечит сокращение сроков освоения нового технологического оборудования.

Будущему специалисту в сфере профессионального образования владение умениями расчета конструктивных и геометрических параметров металлорежущих инструментов позволит наглядно, эффективно и понятно объяснять конструкцию и геометрию металлорежущих инструментов различного назначения.

Данное учебное пособие позволяет обобщить и систематизировать знания, полученные на лекционных занятиях, повысить уровень сформированности умений и навыков по дисциплине «Металлорежущие инструменты», применить знания в условиях квазипрофессиональной деятельности.

Библиографический список

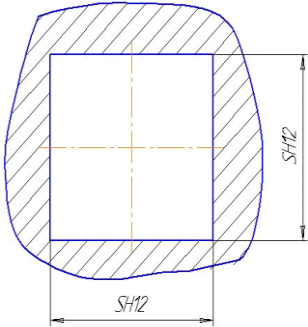
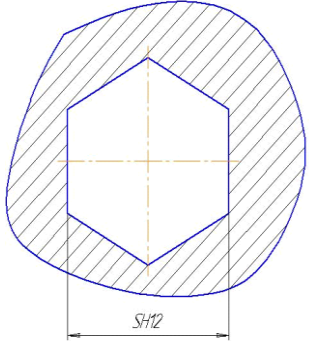
Основная

1. Режущий инструмент [Текст] : учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / А. А. Рыжкин [и др.]. - Ростов н/Д : Феникс, 2009. - 406 с.
2. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты. Учеб. пособие для вузов [Гриф УМО]. - М. : Высшая школа, 2008. - 414 с.
3. Фельдштейн Е.Э. Metallорежущие инструменты: справочник конструктора / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. - Минск: Новое знание, 2009. - 1038 с.

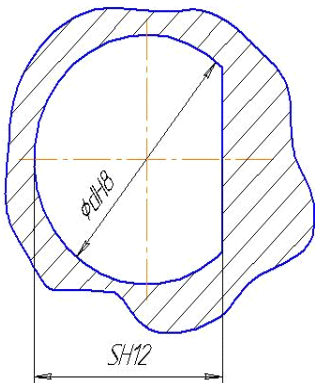
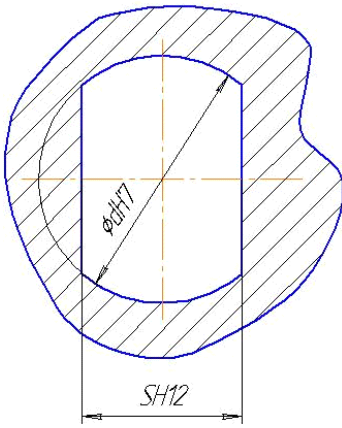
Дополнительная

1. Даниленко Б.Ц. и др. Материалы режущих инструментов: Учеб. пособие. - Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 1999. - 70 с.
2. Истомин В.Д., Панкратов Ю.М. Режущие инструменты: Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во С.-Петербург. гос. техн. ун-та, 1993. - 81 с.
3. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В. и др. Режущий инструмент: Учеб. для вузов. М.: Машиностроение, 2007. – 528 с.
4. Кулигин А.А., Бородин Н.В., Дайбов В.В. Metallорежущие инструменты: Учеб. Пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. - 68с.
5. Мокроносов Л.Д. Проектирование metallорежущих инструментов. Учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / Л. Д. Мокроносов, Н. В. Бородин, Д. Г. Мирошин. - Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2007. - 135 с.
6. Сахаров Г.Н., Арбузов О.В., Боровой Ю.А. Metallорежущие инструменты учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1989. - 328 с.
7. Фельдштейн Е.Э. Режущие инструменты для обработки неэвольвентных профилей [Текст] / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. Минск: Дизайн ПРО, 2000. 112 с.

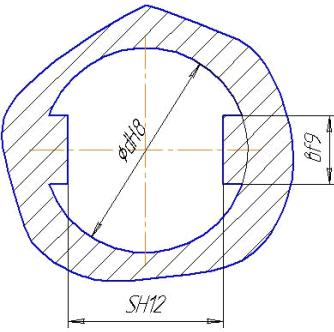
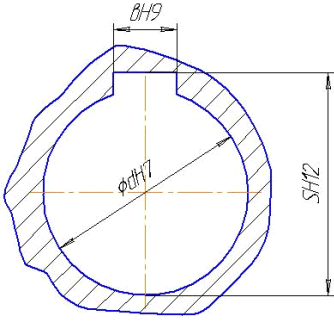
Задания к первой части курсового проекта

Первая цифра шифра	Содержание задания	Вторая цифра шифра	Размеры, мм		Третья цифра шифра	Материал детали	σ_B , Н/мм ²
			S	L			
0	<p>Спроектировать протяжку для обработки квадратного отверстия</p> 	0	20	30	0	Бронза	—
		1	22	30	I	Латунь	—
		2	25	30	2	Чугун	—
		3	28	32	3	Латунь	—
		4	30	40	4	Чугун	—
		5	32	40	5	Бронза	—
		6	34	40	6	Латунь	—
		7	38	40	7	Чугун	—
		8	40	40	8	Бронза	—
		9	45	50	9	Чугун	—
1	<p>Спроектировать протяжку для обработки шестигранного отверстия</p> 	0	19	25	0	Бронза	—
		1	22	28	I	Латунь	—
		2	24	28	2	Чугун	—
		3	27	30	3	Сталь	510
		4	30	33	4	Сталь	580
		5	32	40	5	Сталь	600
		6	36	40	6	Сталь	550
		7	41	45	7	Сталь	520
		8	45	43	8	Бронза	—
		9	48	40	9	Чугун	—

Продолжение таблицы

Первая цифра шифра	Содержание задания	Вторая цифра шифра	Размеры, мм			Третья цифра шифра	Материал детали	σ_B , Н/мм ²
			d	S	L			
2	<p>Спроектировать протяжку для обработки отверстия с плоскостью</p> 	0	22	20	20	0	Бронза	—
		1	25	23	25	I	Латунь	—
		2	28	26	30	2	Чугун	—
		3	30	27	32	3	Сталь	510
		4	32	29	30	4	Сталь	610
		5	34	31	35	5	Сталь	700
		6	35	32	37	6	Бронза	—
		7	40	36	42	7	Латунь	—
		8	45	41	43	8	Чугун	—
		9	50	46	48	9	Чугун	—
3	<p>Спроектировать протяжку для обработки отверстия с двумя плоскостями</p> 	0	22	19	21	0	Бронза	—
		1	24	20	26	I	Латунь	—
		2	27	23	31	2	Чугун	—
		3	30	25	32	3	Сталь	720
		4	32	27	30	4	Сталь	550
		5	35	30	34	5	Сталь	810
		6	38	32	36	6	Бронза	—
		7	40	34	38	7	Сталь	740
		8	44	38	45	8	Сталь	510
		9	48	40	44	9	Чугун	—

Продолжение таблицы

Первая цифра шифра	Содержание задания	Вторая цифра шифра	Размеры, мм				Третья цифра шифра	Материал детали	σ_B , Н/мм ²
			d	S	b	L			
4	Спроектировать протяжку для обработки отверстия с двумя шпонками 	0	28	24	8	22	0	Бронза	—
		1	32	28	8	24	I	Латунь	—
		2	34	30	10	32	2	Чугун	—
		3	36	30	10	30	3	Сталь	520
		4	38	32	10	30	4	Сталь	650
		5	40	34	10	32	5	Сталь	710
		6	42	36	12	35	6	Чугун	—
		7	44	38	12	36	7	Бронза	—
		8	46	40	14	42	8	Сталь	560
		9	48	42	14	44	9	Сталь	680
5	Спроектировать протяжку для обработки шпоночного паза 	0	16	18,3	5	18	0	Сталь	500
		1	20	22,8	6	22	I	Сталь	620
		2	22	25,2	7	25	2	Сталь	660
		3	30	33,3	8	32	3	Бронза	—
		4	38	41,3	10	35	4	Чугун	—
		5	44	47,3	12	42	5	Сталь	710
		6	50	53,8	14	48	6	Сталь	690
		7	58	62,3	16	48	7	Бронза	—
		8	65	69,4	18	60	8	Чугун	—
		9	75	79,9	20	64	9	Сталь	650

Продолжение таблицы

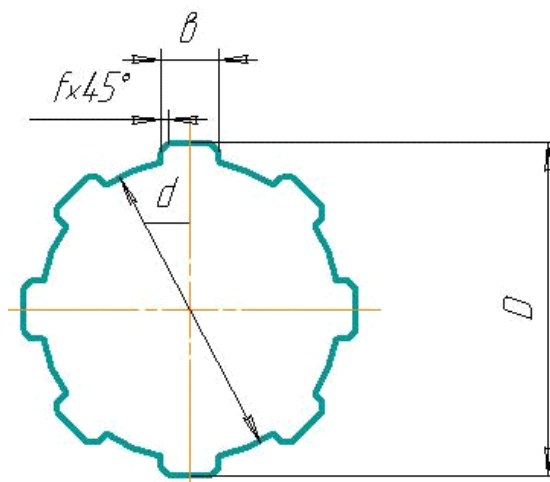
Первая цифра шифра	Содержание задания	Вторая цифра шифра	Размеры отверстия, мм	L, мм	Третья цифра шифра	Материал детали	σ_B , Н/мм ²
6	Спроектировать комбинированную протяжку для обработки шлицевого отверстия	0	d-8×32H7×36H11×6D9	30	0	Бронза	—
		1	D-8×36H11×40H8×7D9	28	I	Латунь	—
		2	d-8×38H7×42H11×7E9	34	2	Чугун	—
		3	D-8×40H12×44H8×8E10	45	3	Сталь	580
		4	d-8×42H7×46H11×8D11	46	4	Сталь	630
		5	D-8×44H11×48H7×8D10	45	5	Сталь	670
		6	d-8×48H8×50H12×9E10	48	6	Бронза	—
		7	D-8×48H11×52H8×9D10	50	7	Латунь	—
		8	d-8×52H7×58H11×10D9	56	8	Чугун	—
		9	D-8×54H12×60H7×10C9	60	9	Сталь	710
7	Спроектировать метчик-протяжку для нарезания левой трапецеидальной резьбы	0	Tr 40 × 6L – 7H	35	0	Бронза	—
		1	Tr 42 × 6L – 8H	38	I	Латунь	—
		2	Tr 44 × 8L – 7H	40	2	Чугун	—
		3	Tr 46 × 8L – 8H	42	3	Сталь	590
		4	Tr 48 × 8L – 7H	40	4	Сталь	620
		5	Tr 28 × 5L – 8H	30	5	Сталь	470
		6	Tr 32 × 6L – 7H	30	6	Бронза	—
		7	Tr 34 × 6L – 8H	32	7	Чугун	—
		8	Tr 36 × 6L – 7H	40	8	Сталь	670
		9	Tr 38 × 6L – 8H	38	9	Сталь	640

Окончание таблицы

Первая цифра шифра	Содержание задания	Вторая цифра шифра	Размеры отверстия, мм	L, мм	Третья цифра шифра	Материал детали	σ_B , Н/мм ²
8	Спроектировать метчик-протяжку для нарезания левой метрической резьбы	0	M30 – 7H	40	0	Бронза	–
		1	M33 – 7H	42	I	Латунь	–
		2	M36 – 7H	40	2	Чугун	–
		3	M39 – 6H	45	3	Сталь	710
		4	M42 – 6H	50	4	Сталь	650
		5	M45 – 6H	60	5	Сталь	590
		6	M48 – 7H	40	6	Чугун	–
		7	M52 – 7H	50	7	Бронза	–
		8	M56 – 6H	45	8	Сталь	620
		9	M60 – 6H	58	9	Сталь	730
9	Спроектировать метчик-протяжку для нарезания левой трапецидальной резьбы	0	Tr 28 × 5 – 7H	32	0	Сталь	590
		1	Tr 32 × 6 – 8H	35	I	Сталь	620
		2	Tr 34 × 6 – 7H	40	2	Чугун	–
		3	Tr 36 × 6 – 8H	40	3	Бронза	–
		4	Tr 38 × 6 – 7H	42	4	Сталь	650
		5	Tr 40 × 6 – 8H	44	5	Сталь	690
		6	Tr 42 × 6 – 7H	46	6	Сталь	720
		7	Tr 44 × 8 – 8H	48	7	Бронза	–
		8	Tr 46 × 8 – 7H	50	8	Латунь	–
		9	Tr 48 × 8 – 8H	50	9	Сталь	640

Задание ко второй части курсового проекта

Спроектировать червячную фрезу
для нарезания шлицев на шлице-
вом валу



Данные по первой цифре шифра

Первая цифра шифра	Центрируемый диаметр	Предельные отклонения на d	Предельные отклонения на D	Предельные отклонения на b
0	D	$a11$	$f8$	$f9$
1	d	$h9$	$a11$	$h10$
2	D	$b11$	$d8$	$d9$
3	d	$e8$	$b11$	$d10$
4	D	$a11$	$f9$	$h9$
5	d	$f9$	$a11$	$h10$
6	D	$b11$	$e8$	$f9$
7	d	$d8$	$b11$	$d10$
8	D	$a11$	$h8$	$d10$
9	d	$c8$	$a11$	$h9$

Данные по двум последним* цифрам шифра (двузначному числу)

Интервал чисел	Число шлицев n	d, мм	D, мм	b, мм	C, мм
00 – 03	8	40	44	8	0,5
04 – 07	8	42	46	8	0,5
08 – 11	8	44	48	8	0,5
12 – 15	8	46	50	9	0,5
16 – 19	8	48	52	9	0,5
20 – 23	8	52	58	10	0,7
24 – 27	8	54	60	10	0,7
28 – 31	8	56	62	10	0,7
32 – 35	8	58	64	10	0,7
36 – 39	8	62	63	12	0,7
40 – 43	8	68	74	12	0,7
44 – 47	10	72	78	12	0,7
48 – 51	10	78	84	12	0,7
52 – 55	10	82	88	12	0,7
56 – 59	10	88	94	12	0,7
60 – 63	10	92	98	14	0,7
64 – 67	8	32	38	6	0,5
68 – 71	8	36	42	7	0,5
72 – 75	8	42	48	8	0,5
76 – 79	8	44	50	9	0,7
80 – 83	8	52	60	10	0,7
84 – 87	8	56	64	10	0,7
88 – 91	8	62	70	12	0,7
92 – 95	10	72	80	12	0,7
96 – 99	10	82	90	12	0,7

* По второй и третьей цифрам

Задание к третьей части курсового проекта

Спроектировать фасонный резец для обработки заданной детали.

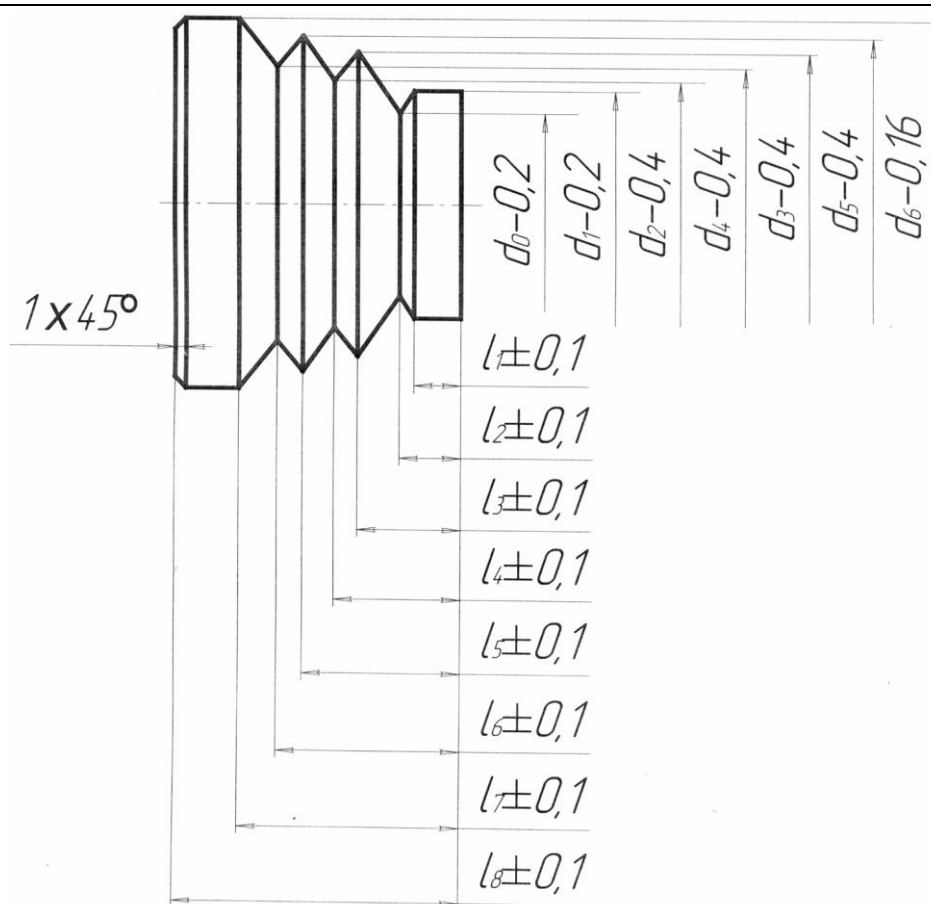
По первой цифре шифра выбирается форма детали (чертеж); по второй цифре – размеры детали; по третьей – материал детали.

0

Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d ₀ , мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d ₃ , мм	l ₁ , мм	l ₂ , мм	l ₃ , мм	l ₄ , мм	l ₅ , мм	l ₆ , мм	R, мм
0	20	24	18	28	2	3	5	6	21	37	15
1	22	27	19	32	2	4	6	8	22	37	14
2	24	30	22	36	2	3	5	7	20	38	15
3	28	35	30	42	2	4	6	7	21	34	13
4	32	40	36	48	3	5	7	9	19	34	12
5	38	47	46	56	3	4	6	8	22	31	11
6	44	54	52	64	3	5	8	10	22	35	12
7	50	61	62	72	4	7	10	12	22	33	10
8	58	70	72	82	4	6	9	12	22	33	10
9	64	77	78	90	4	6	8	11	23	36	12

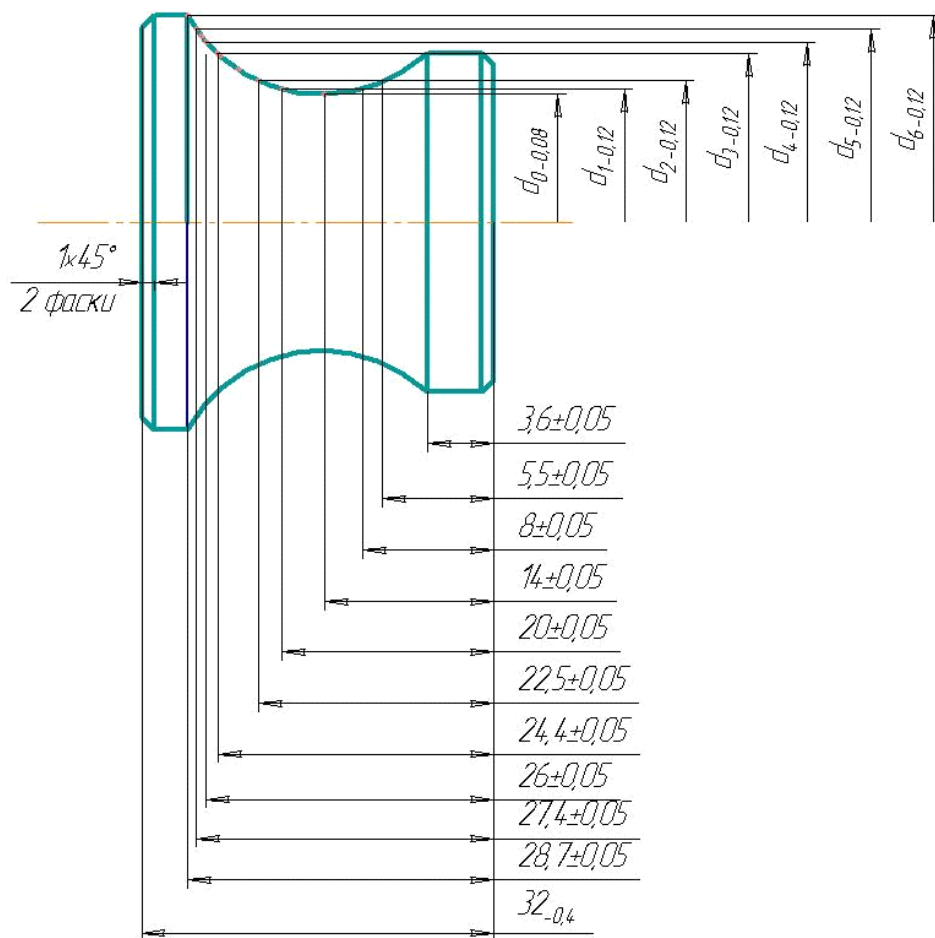
1



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	d_5 , мм	d_6 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	l_4 , мм	l_5 , мм	l_6 , мм	l_7 , мм	l_8 , мм
0	30	32	35	36	38	40	44	2	4	6	8	10	12	14	17
1	32	34	36	40	44	48	52	2	5	8	10	12	15	17	20
2	34	38	40	44	46	50	54	2	5	7	9	12	15	17	20
3	36	38	42	46	48	52	56	2	6	8	11	13	17	20	23
4	38	40	42	46	48	54	58	3	6	9	12	14	16	18	22
5	40	42	44	46	50	52	56	4	8	12	15	17	20	23	26
6	48	52	56	58	62	64	68	3	6	9	12	15	18	21	25
7	54	56	60	64	68	72	76	4	7	10	13	17	21	23	26
8	60	62	66	68	72	74	78	3	5	8	11	13	17	20	24
9	66	68	72	74	78	80	84	2	5	8	11	14	17	20	24

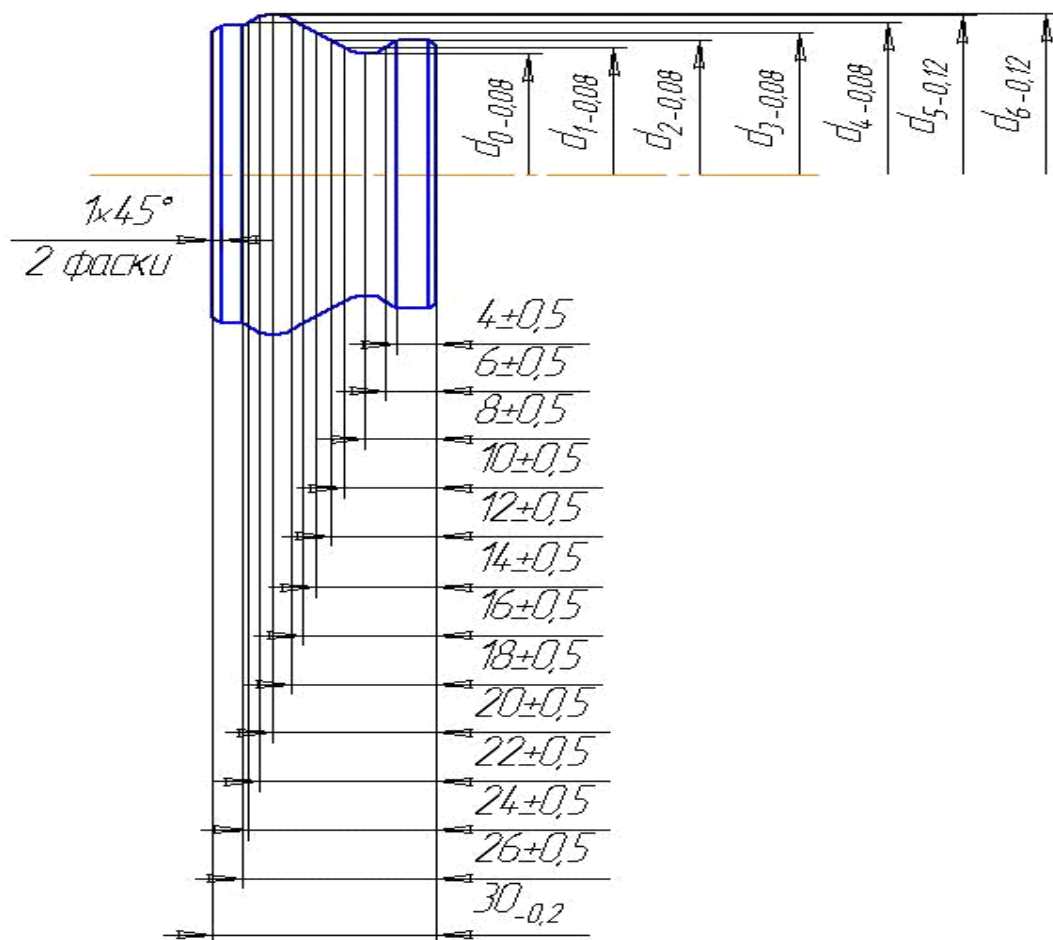
2



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	d_5 , мм	d_6 , мм
0	20	21	22	23	24	25	26
1	24	26	28	30	32	34	36
2	28	30	32	34	36	38	40
3	30	31	32	33	34	35	36
4	34	36	38	40	42	44	46
5	38	40	42	44	46	48	50
6	42	45	48	51	54	57	60
7	48	50	52	54	56	58	60
8	56	59	62	65	68	71	74
9	62	65	68	71	74	77	80

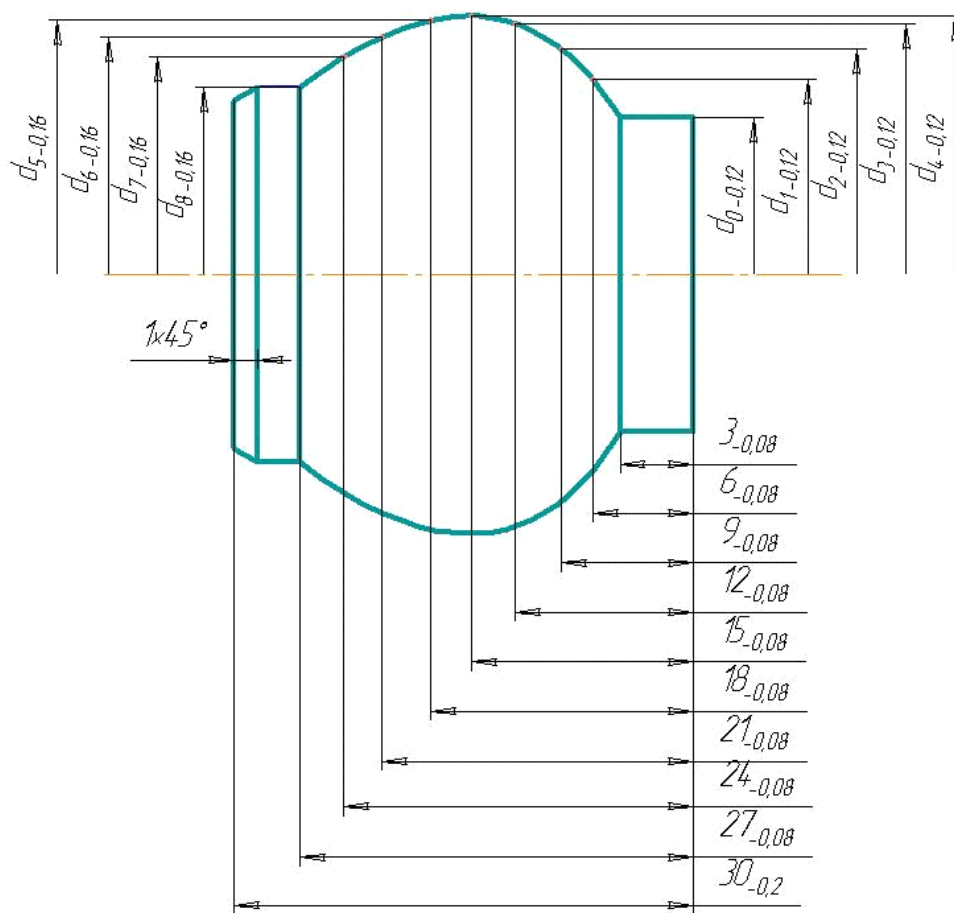
3



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	d_5 , мм	d_6 , мм
0	20	20,4	23	26	29	31,6	32
1	24	24,5	27,5	31	34,5	37,5	38
2	28	28,6	32	36	40	43,4	44
3	32	32,6	36	40	44	47,4	48
4	36	36,5	39,5	43	46,5	49,5	50
5	40	40,6	44	48	52	55,4	56
6	44	44,5	47,5	51	54,5	57,5	58
7	48	48,6	52	56	60	63,4	64
8	56	56,6	60	64	68	71,4	72
9	52	62,6	66	70	74	77,4	78

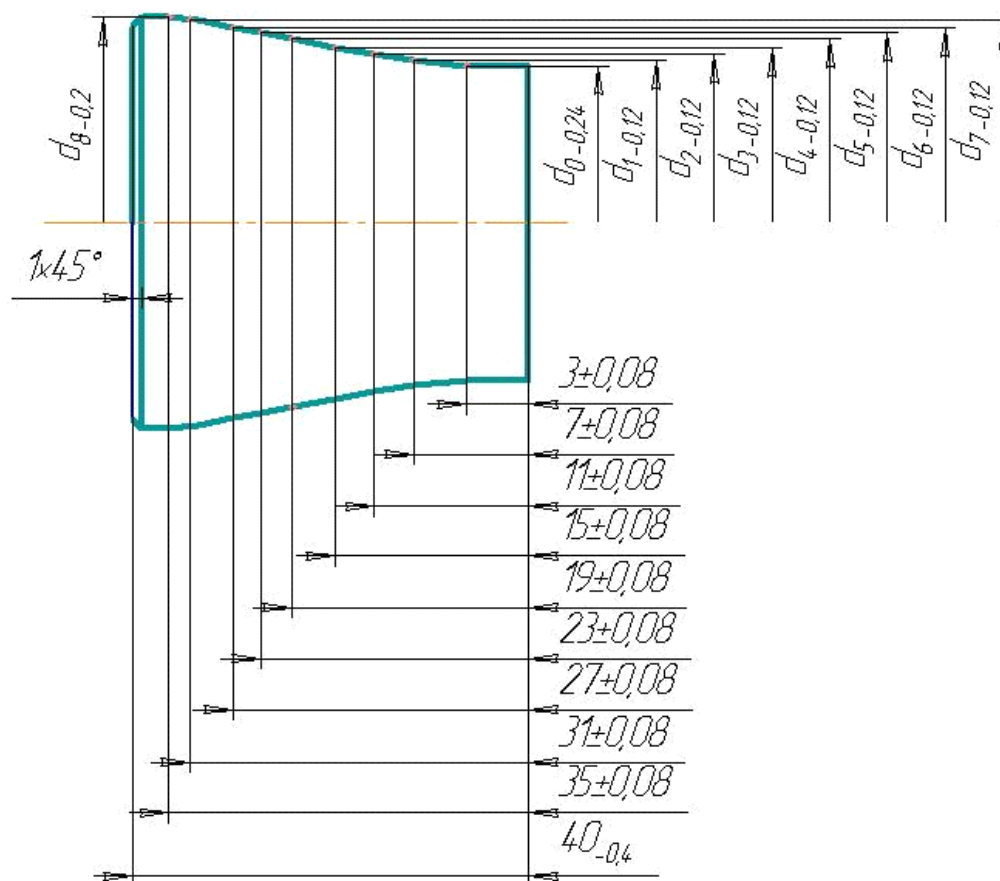
4



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	d_5 , мм	d_6 , мм	d_7 , мм	d_8 , мм
0	20	26,2	29,6	31,4	32	31,6	30,4	28,6	26
1	24	31,2	35,2	37,3	38	37,6	36,4	34,6	32
2	28	36,3	40,8	43,2	44	43,6	42,4	40,6	38
3	30	37,2	41,2	43,3	44	43,5	41,9	39,3	36
4	36	44,3	48,8	51,2	52	51,5	49,9	47,3	44
5	40	49,3	54,4	57,1	58	57,65	55,9	53,3	50
6	46	54,8	58,8	61,2	62	61,3	59,3	56,3	52
7	52	61,3	66,4	69,1	70	69,3	67,3	64,3	60
8	60	69,3	74,4	77,1	78	77,2	74,8	71,2	66
9	68	77,3	82,4	85,1	86	85,2	82,8	79,2	7430

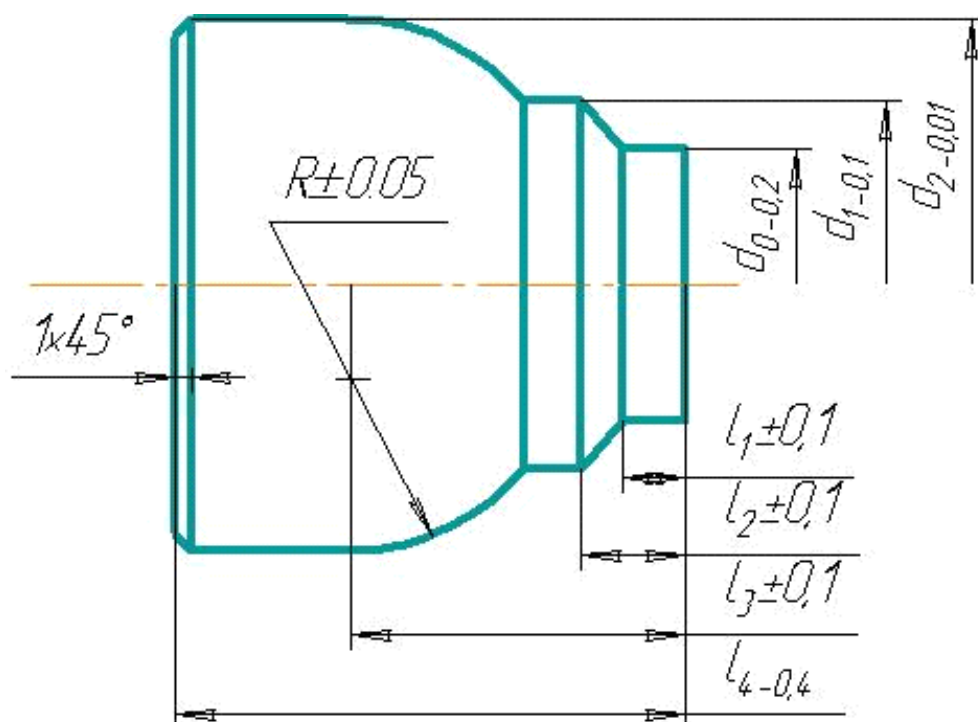
5



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	d_5 , мм	d_6 , мм	d_7 , мм	d_8 , мм
0	30	30,5	31,7	33,7	36	38,3	40,3	41,5	42
1	34	34,5	35,7	37,7	40	42,3	44,3	45,5	46
2	36	36,5	37,7	39,7	42	44,3	46,3	47,5	48
3	42	42,6	44,3	47	50	53	55,7	57,4	58
4	48	48,6	50,3	53	56	59	61,7	63,4	64
5	52	52,6	54,3	57	60	63	65,7	67,4	68
6	58	58,7	60,6	63,6	67	70,4	73,4	75,3	76
7	62	62,7	64,6	67,6	71	74,4	77,4	79,3	80
8	66	66,8	68,9	72,2	76	79,8	83,1	85,2	86
9	72	72,8	74,9	78,2	82	85,8	89,1	91,2	92

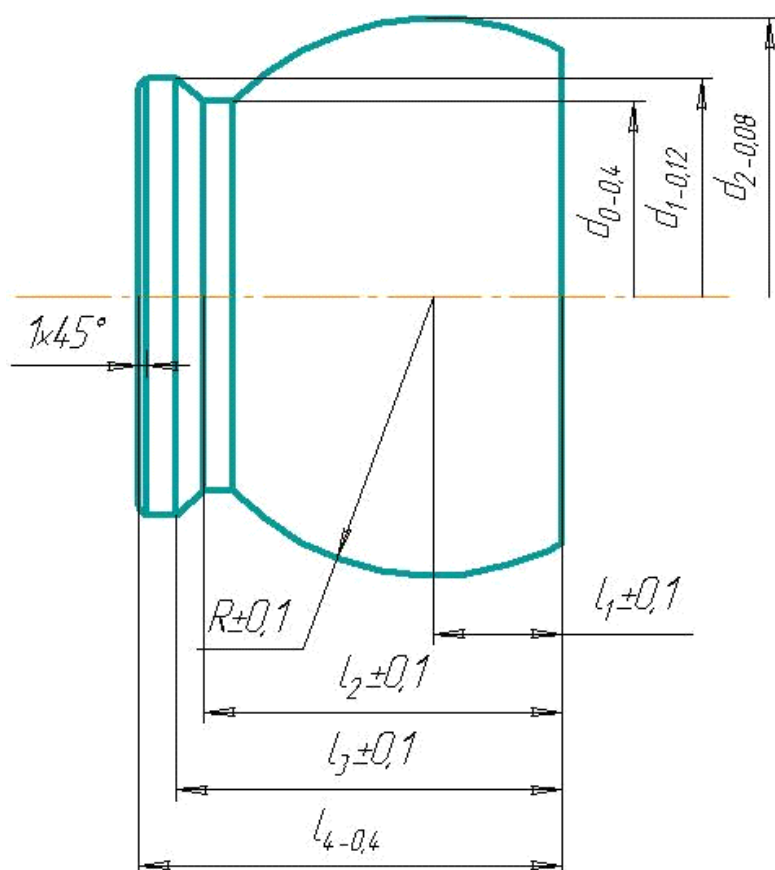
6



Размеры детали (по второй цифре шифра)

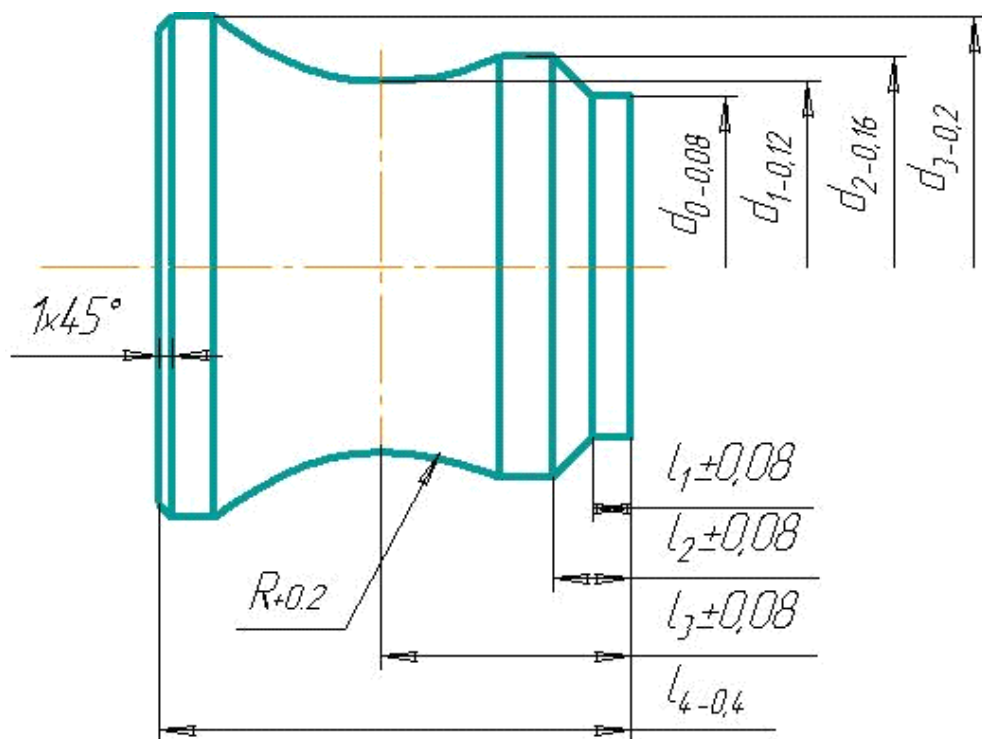
Вторая цифра	R, мм	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	l_4 , мм
0	10	32	34	44	2	4	14	20
1	17	36	38	50	3	5	16	20
2	12	40	42	54	2	4	16	20
3	12	44	45	58	3	5	18	22
4	12	50	54	63	2	4	16	18
5	12	52	54	66	3	5	18	22
6	13	56	60	74	2	4	18	24
7	14	60	62	76	3	5	20	24
8	14	62	64	78	2	4	18	22
9	14	64	66	80	3	5	20	25

7



Размеры детали (по второй цифре шифра)

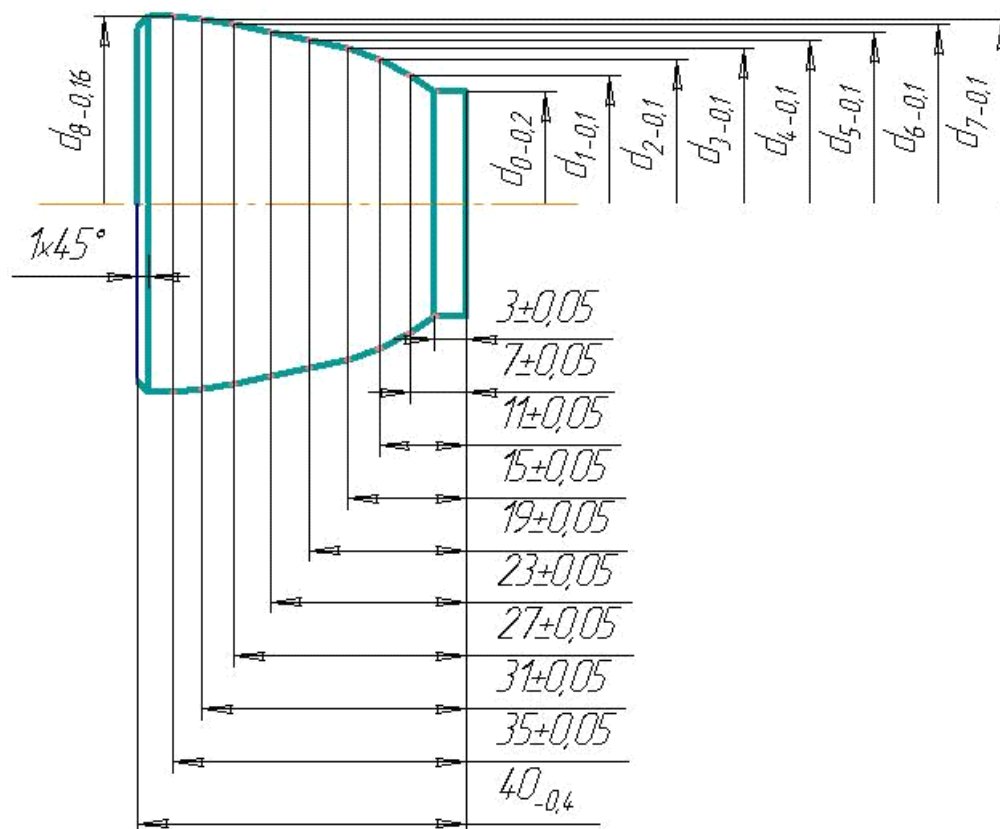
Вторая цифра	R, мм	d_0 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	l_4 , мм
0	15	16	26	30	3	18	20	25
1	16	16	28	32	3	19	22	26
2	17	18	30	34	3	20	24	28
3	18	18	32	36	4	22	24	30
4	19	20	34	38	4	23	26	30
5	20	20	34	40	4	24	28	34
6	22	22	34	44	3	25	29	34
7	25	26	38	50	3	28	33	38
8	26	26	40	52	3	29	33	38
9	32	32	48	64	3	35	37	40



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	R, мм	d ₀ , мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d ₃ , мм	l ₁ , мм	l ₂ , мм	l ₃ , мм	l ₄ , мм
0	14	20	22	36	38	2	5	19	34
1	14	24	26	36	40	3	6	20	35
2	16	28	30	46	48	3	5	21	38
3	15	34	36	48	52	4	6	21	38
4	14	40	42	54	58	3	6	20	35
5	16	46	48	60	64	2	4	20	38
6	15	50	52	64	68	3	5	20	36
7	14	54	56	70	72	4	6	21	36
8	15	58	60	72	76	3	5	20	36
9	16	66	68	80	84	2	4	20	38

9



Размеры детали (по второй цифре шифра)

Вторая цифра	d ₀ , мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d ₃ , мм	d ₄ , мм	d ₅ , мм	d ₆ , мм	d ₇ , мм	d ₈ , мм
0	30	32,5	34,8	36,8	38,7	40,1	41,1	41,7	42
1	34	36,5	38,8	40,8	42,7	44,1	45,1	45,7	46
2	36	38,5	40,8	42,6	44,8	46,1	47,1	47,7	48
3	42	45,3	48,4	51,1	53,6	55,5	56,8	57,7	58
4	48	51,3	54,4	57,1	59,6	61,5	62,8	63,7	64
5	52	55,3	58,4	61,1	63,6	65,5	66,8	67,7	68
6	58	61,7	65,2	68,2	71,0	73,2	74,7	75,6	76
7	62	65,7	69,2	72,2	75,0	77,2	78,7	79,6	80
8	66	70,1	74,0	77,3	80,5	82,9	84,6	85,6	86
9	62	76,1	80,0	83,3	86,5	88,9	90,6	91,6	92

Тип фасонного резца и материал обрабатываемой детали
(по третьей цифре шифра)

Третья цифра	Тип проектируемого резца	Материал обрабатываемой детали
0	Круглый	Бронза
1	Призматический	Медь
2	Круглый	Латунь
3	Призматический	Алюминий
4	Круглый	Чугун
5	Призматический	Сталь $\sigma_b = 580 \text{ Н/мм}^2$
6	Круглый	Сталь $\sigma_b = 780 \text{ Н/мм}^2$
7	Призматический	Сталь $\sigma_b = 480 \text{ Н/мм}^2$
8	Круглый	Чугун
9	Призматический	Сталь $\sigma_b = 650 \text{ Н/мм}^2$

Образец оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Машиностроительный институт
Кафедра технологии машиностроения и методики профессионального обучения

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАНЕННОЙ ПРОТЯЖКИ,
ЧЕРВЯЧНОЙ ШЛИЦЕВОЙ ФРЕЗЫ,
КРУГЛОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА***

Курсовой проект по дисциплине «Металлорежущие инструменты»

050501.65. 672.ПЗ

Разработчик
студент гр. ТО – 404

И.И. Иванов

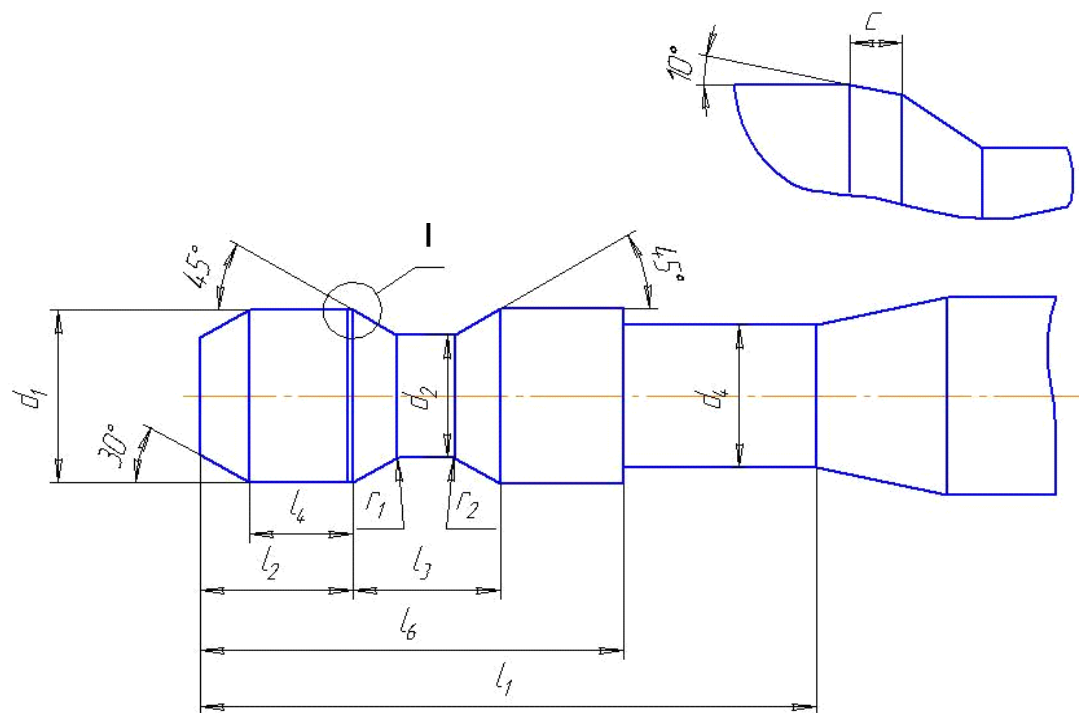
Руководитель
доцент, к.п.н.

П.П. Петров

Екатеринбург 2013

Размеры цилиндрических хвостовиков протяжек
(по ГОСТ 4044–70)

Исполнение I

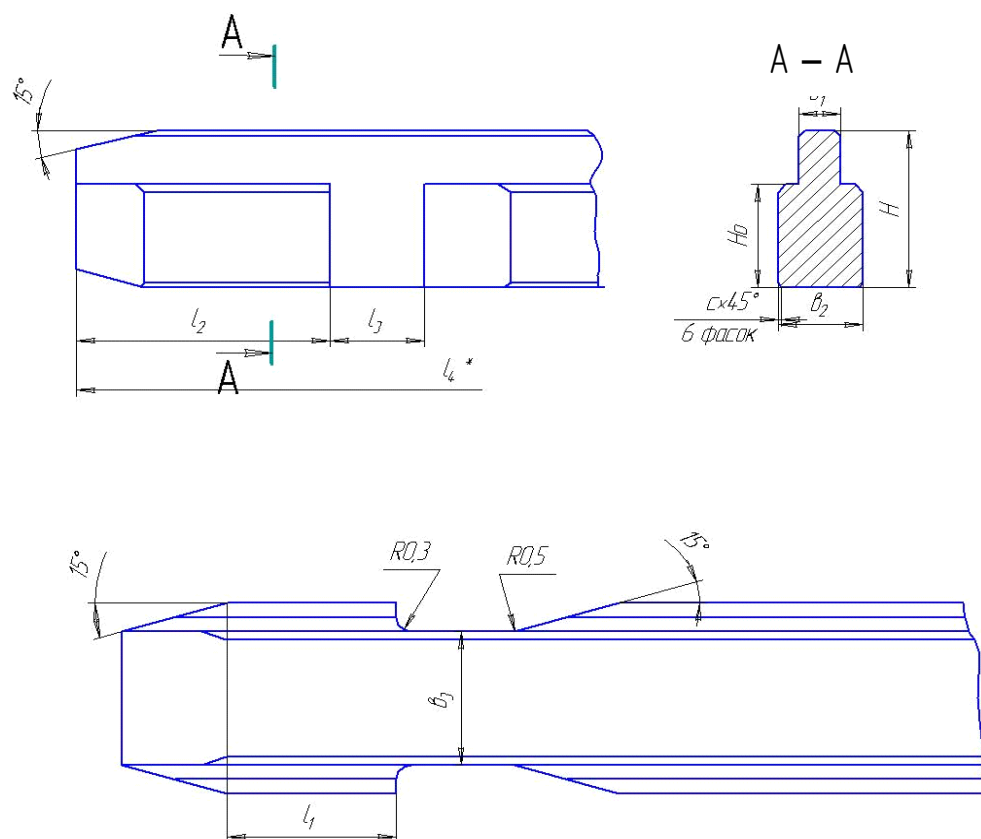


d_1 , мм	d_2 , мм	d_4 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	l_4 , мм	l_6 , мм	r_1 , мм	r_2 , мм	c , мм	Площадь сечения по раз- меру d_2 , мм ²
16	11	16	120	20	20	12	100	0,3	0,6	0,5	95
18	13	18	120	20	20	12	100	0,3	0,6	0,5	132
20	15	20	140	25	25	16	120	0,3	1,0	0,5	176
22	17	22	140	25	25	16	120	0,3	1,0	0,5	227
25	19	25	140	25	25	16	120	0,3	1,0	1,0	283
28	22	28	160	25	25	16	140	0,3	1,0	1,0	380
32	25	32	160	32	32	20	140	0,4	1,6	1,0	490
36	28	36	160	32	32	20	140	0,4	1,6	1,5	615
40	32	40	180	32	32	20	160	0,5	2,5	1,5	804
45	34	45	180	32	32	20	160	0,5	2,5	1,5	908
50	38	45	180	32	32	20	160	0,5	2,5	1,5	1134

Примечание. Предельные отклонения по d_1 – е8, по d_2 – C11, по d_4 – верхнее минус 0,5 мм, нижнее минус 1 мм

Размеры хвостиков шпоночных протяжек (по ГОСТ 4044–70)

Исполнение I

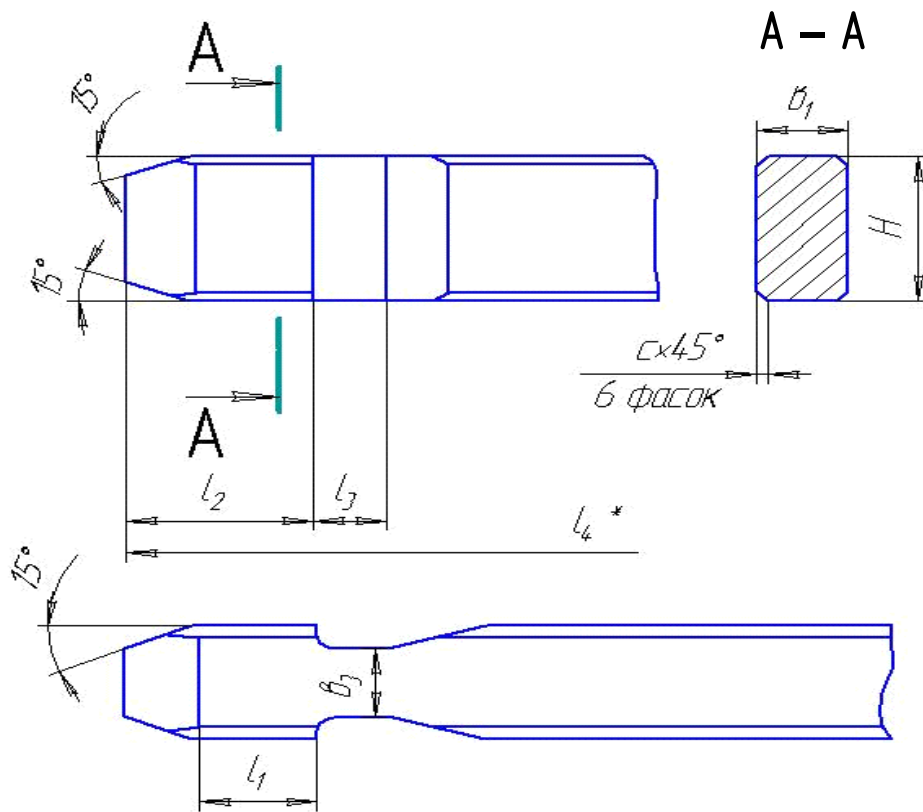


b_1 , мм	b_2 , мм	b_3 , мм	H , мм	l_1 , мм не менее	l_2 , мм не менее	l_3 , мм	C , мм	Площадь сечения по размеру b_3 , мм ²	l_4 , мм
5,0	8	5,0	11	14	20	16	0,5	55	150
6,0	10	6,0	15	14	20	16	0,8	90	180
7,0	10	7,0	16	14	20	16	0,8	112	180
8,0	12	8,0	18	14	20	16	0,8	144	200
10,0	15	10,0	22	14	20	16	0,8	220	200

Примечания:

1. Размер l_4 – расстояние до кромки первого зуба. Этим размером следует пользоваться только в учебном проекте. ГОСТом этот размер не регламентируется.
2. Предельные отклонения размера b_2 по f7, размера b_3 по C11.

Исполнение II



b_1 , мм	b_3 , мм	H , мм	l_1 , мм не менее	l_2 , мм не менее	l_3 , мм	C , мм	Площадь сечения по размеру b_3 , мм ²	l_4 , мм
12	8	28	14	20	18	1	220	220
14	10	30	17	25	18	1	300	220
16	11,5	35	17	25	18	1	400	220
18	13	40	17	25	22	1	520	220
20	15	45	17	25	22	1	670	220
24	18	50	17	25	22	1	900	220
28	21	55	20	30	28	1	1150	220

Примечания:

1. Размер l_4 – расстояние до кромки первого зуба. Этим размером следует пользоваться только в учебном проекте. ГОСТом этот размер не регламентируется.
2. Предельные отклонения размера b_2 по f7, размера b_3 по C11.

Образец заполнения таблицы диаметров зубьев протяжки

Таблица диаметров зубьев протяжки

Угол α	3°																		2°		1°						
Пред. откл.	– 0,02																					– 0,01					
Диаметр	28,50	28,58	28,66	28,74	28,82	28,90	28,98	29,06	29,14	29,22	29,30	29,38	29,46	29,54	29,62	29,70	29,78	29,86	29,93	29,98	30,02	30,055	30,055	30,055	30,055	30,055	30,055
№ зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

Примечание. Зубья № 1 – 18 – режущие; зубья № 19 – 22 – режущие переходные; зубья № 23 – 27 – калибрующие.

Пример оформления исходных данных к проектированию метчика-протяжки для трапецеидальной резьбы

1.1. Исходные данные

Спроектировать метчик-протяжку для нарезания трапецеидальной резьбы в соответствии с размерами, приведенными в задании:

- резьба Tr 40×6-7H;
- длина резьбы $L = 58$ мм;
- материал обрабатываемой детали – сталь 35, $\sigma_b = 730$ Н / мм².

1.1.1. Размеры резьбы

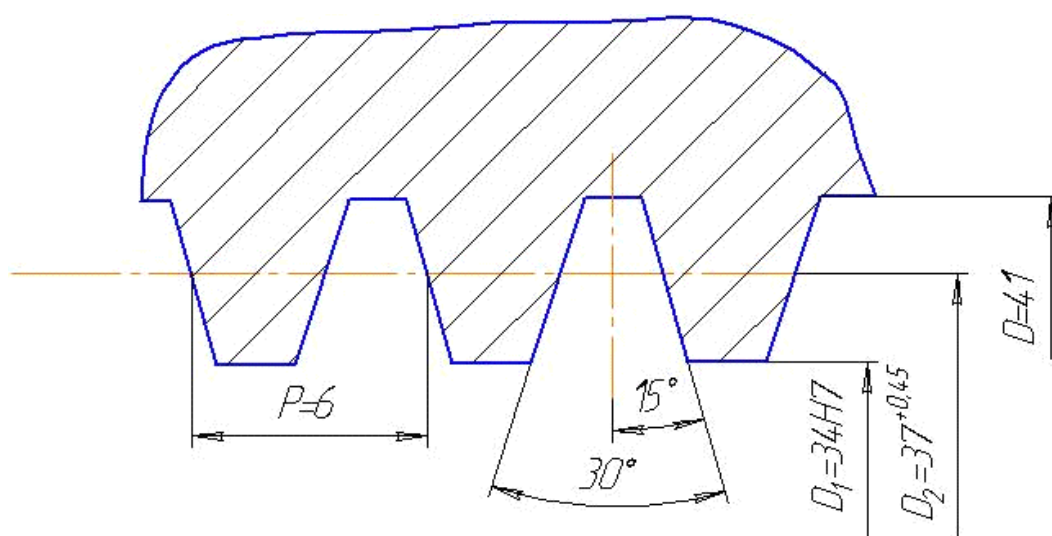
Внутренний диаметр $D_1 = 34^{+0,5}$. Внутренняя поверхность резьбы детали при работе метчика-протяжки является направляющей поверхностью, поэтому диаметр выполняют более точным по H7.

Принимаем $D_1 = 34H7$.

Средний диаметр $D_2 = 37^{+0,45}$.

Наружный диаметр $D = 41$ (в ГОСТ этот диаметр обозначен D_4). Нижнее предельное отклонение равно нулю; верхнее предельное отклонение этого размера ГОСТом не устанавливается.

1.1.2. Профиль резьбы



Пример оформления исходных данных к проектированию метчика-протяжки для метрической резьбы

1.1. Исходные данные

Спроектировать метчик-протяжку для нарезания метрической резьбы в соответствии с размерами, приведенными в задании:

- резьба М 52–6Н;
- длина резьбы $L = 48$ мм;
- материал обрабатываемой детали – сталь 45, $\sigma_B = 740$ Н / мм².

1.1.1. Размеры резьбы

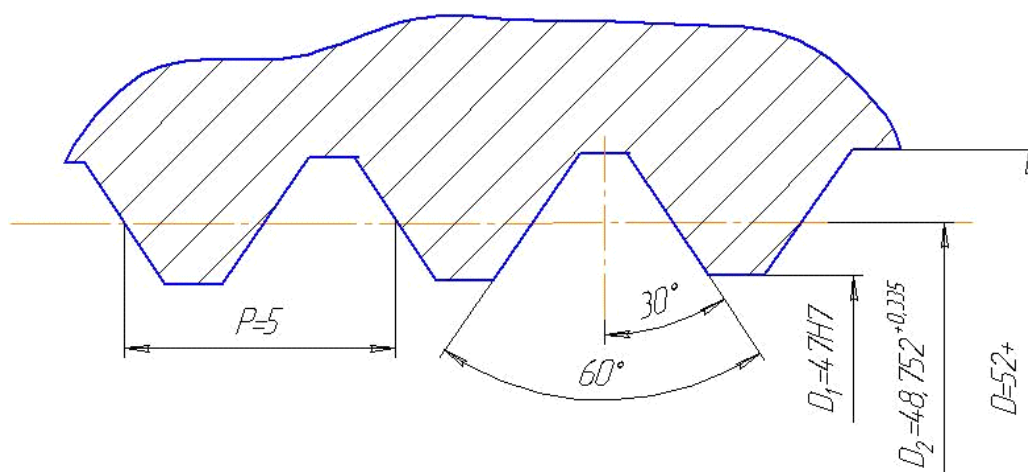
Шаг (крупный) $P = 5$ мм.

Внутренний диаметр $D_1 = 46,587^{+0,710}$. Внутренняя поверхность резьбы детали при работе метчика-протяжки является направляющей поверхностью, поэтому диаметр выполняют более точным. Из интервала допускаемых ГОСТ значений D_1 выбираем величину, кратную 1 или 0,5 мм, примем эту величину в качестве номинального размера и назначим предельные отклонения по Н7. При этом проследим чтобы наибольший предельный размер не превышал величины, допускаемой ГОСТом. Принимаем $D_1 = 47\text{H}7 = 47^{+0,025}$.

Средний диаметр $D_2 = 48,752^{+0,335}$.

Наружный диаметр $D = 52$. Нижнее предельное отклонение – 0; верхнее предельное отклонение этого размера ГОСТом не устанавливается.

1.1.2. Профиль резьбы



Учебное издание

Мокроносов Лев Дмитриевич
Бородина Наталья Витальевна
Мирошин Дмитрий Григорьевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Учебное пособие

Редактор Л.И. Кузнецова

Печатается по постановлению
редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать _____ Формат 60×84/ 16. Бумага для множ. аппаратов. Усл. печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____. Тираж 100 экз. Заказ № _____
ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

Ризограф ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.